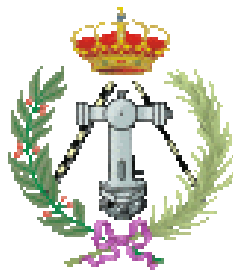


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,**  
**GEODESIA Y CARTOGRAFÍA**  
**TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**



**LEVANTAMIENTO A ESCALA 1/500 DEL YACIMIENTO**  
**ARQUEOLÓGICO LOS YESARES (PINTO, MADRID)**

**Madrid, Febrero, 2015**

***Alumno:***

*Guillermo Martínez-Pardo Gil*

***Tutores:***

*Mercedes Farjas Abadía*

*Juan Prieto Morín*

***Cotutores:***

*Ángela Crespo Fraguas*

*Miguel Ángel Díaz Moreno*

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,**  
**GEODESIA Y CARTOGRAFÍA**  
**TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**LEVANTAMIENTO A ESCALA 1/500 DEL YACIMIENTO**  
**ARQUEOLÓGICO LOS YESARES (PINTO, MADRID)**



**Madrid, Febrero, 2015**

***Alumno:***

*Guillermo Martínez-Pardo Gil*

***Tutores:***

*Mercedes Farjas Abadía*

*Juan Prieto Morín*

***Cotutores:***

*Ángela Crespo Fraguas*

*Miguel Ángel Díaz Moreno*



### *Agradecimientos*

*Quisiera aprovechar estas líneas para dar las gracias a todas las personas que han hecho posible la consecución y realización de este proyecto.*

*A todos los profesores que he tenido a lo largo de estos años en la universidad.*

*A mi tutora Mercedes Farjas por su confianza y apoyo.*

*A mis cotutores Miguel Ángel Díaz y Ángela Crespo por introducirme en la arqueología y por su inestimable ayuda, así como al resto del equipo de Cota 667.*

*A mi familia y amigos, en especial a mi madre María Belén por creer en mí y por su apoyo incondicional durante toda mi vida.*

## **ÍNDICE**

<b>1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>4. ESTUDIO HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICO.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 LA GUERRA CIVIL.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 LOS YESARES.....</b>	<b>23</b>
<b>5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 SISTEMA GPS.....</b>	<b>26</b>
5.1.1 Introducción.....	26
5.1.2 Constitución del Sistema GPS.....	28
5.1.3 Estructura de la señal.....	31
5.1.4 Observables y medida de distancias.....	34
5.1.5 Métodos de posicionamiento.....	36
5.1.6 Fuentes de error.....	39
<b>5.2 SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS.....</b>	<b>40</b>
5.2.1 WGS84.....	42
5.2.2 ITRS.....	43
5.2.3 ETRS89.....	45
5.2.4 REGENTE.....	46
5.2.5 REDNAP.....	47
<b>5.3 PROYECCIÓN UTM.....</b>	<b>49</b>
<b>6. RED LOCAL.....</b>	<b>52</b>
<b>6.1 DISEÑO.....</b>	<b>53</b>
<b>6.2 MÉTODOLOGÍA E INSTRUMENTAL.....</b>	<b>56</b>
<b>6.3 OBSERVACIÓN.....</b>	<b>58</b>
<b>6.4 CÁLCULO Y AJUSTE .....</b>	<b>60</b>



---

<b>7. LEVANTAMIENTO.....</b>	<b>62</b>
<b>7.1 PLANIFICACIÓN.....</b>	<b>63</b>
<b>7.2 INSTRUMENTAL.....</b>	<b>68</b>
<b>7.3 METODOLOGÍA.....</b>	<b>69</b>
<b>7.4 OBSERVACIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>7.5 RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>8. CARTOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>8.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>75</b>
<b>8.2 MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....</b>	<b>77</b>
<b>8.3 CURVADO.....</b>	<b>79</b>
<b>8.4 SIMBOLOGÍA.....</b>	<b>82</b>
<b>8.5 COMPOSICIÓN DE LOS PLANOS.....</b>	<b>83</b>
<b>9. PRESUPUESTO.....</b>	<b>85</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
<b>11. CONCLUSIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>12. ANEXO 1 RESEÑAS.....</b>	<b>97</b>
<b>13. ANEXO 2 AJUSTE DE LA RED.....</b>	<b>109</b>
<b>14. ANEXO 3 PLANOS.....</b>	<b>119</b>



---

## ***1 OBJETIVOS DEL PROYECTO***

## 1. OJETIVOS DEL PROYECTO

El presente proyecto tratará de cubrir las necesidades cartográficas del yacimiento arqueológico “Los Yesares”, para el estudio y puesta en valor de los restos de la Guerra Civil Española en el término municipal de Pinto, Madrid; en colaboración con el equipo arqueológico Cota 667. Los objetivos específicos son los siguientes:

- Implantar una red local con técnicas GNSS que enlace con la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales (REGENTE), para dar soporte y cobertura a todo el yacimiento, tanto en este proyecto como para otras actuaciones actuales y futuras.
- Realizar un levantamiento topográfico a escala 1/500 del yacimiento “Los Yesares” de 10 hectáreas de superficie, detallando sus estructuras y elementos arqueológicos. Se completará con la Cañada Real Galiana, cultivos circundantes y el otro lado del arroyo Culebro, formando un conjunto de 18 hectáreas. El levantamiento se llevará a cabo por técnicas GPS en tiempo real.
- Dotar de coordenadas a los puntos de apoyo para el vuelo fotogramétrico del U.A.V.
- Obtención de la cartografía a escala 1/500 en la proyección UTM huso 30. Reflejando los fortines, el entramado de trincheras, los numerosos pozos de tirador, las zanjas y los abrigos que quedan actualmente.



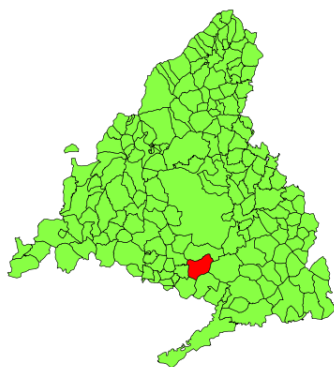
---

## ***2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA***



## 2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Pinto es una localidad y un municipio español perteneciente a la Comunidad Autónoma de Madrid y situado a unos 20 km al sur de la capital. Limita al Norte con Getafe, al Sur con Torrejón de Velasco y Valdemoro, al Este con San Martín de la Vega y al Oeste con Parla y Fuenlabrada. La extensión de su término municipal es de 62,7 kilómetros cuadrados y su número de habitantes supera los 48.000 en la actualidad. La mitad este del municipio está bajo la protección del Parque Regional del Sureste.



*Figura 2.1 Municipio de Pinto en la Comunidad de Madrid.*



*Figura 2.2 Población de Pinto, situación del pol. Ind. Las Arenas y límite del Parque Regional del Sureste.*

El Parque Regional del Sureste es un espacio protegido de 31.552 hectáreas situado a lo largo del curso medio-bajo de los ríos Jarama y Manzanares a su paso por las áreas yesíferas y calizas de su cuenca media-baja, es un área natural que incluye zonas de alto valor ecológico, paleontológico y arqueológico, en el sureste de la Comunidad de Madrid.

Este parque forma parte de la Red Natura 2000 Europea que tiene el objetivo de armonizar las políticas y criterios de protección de la naturaleza a escala comunitaria. En ella existen dos tipos de áreas: las ZEPA ("zonas de especial protección para las aves") y los LIC ("lugares de importancia comunitaria"). Todas estas iniciativas pretenden garantizar la pervivencia, o el restablecimiento de los hábitats naturales, y de los entornos de los que dependen las especies amenazadas.

El yacimiento arqueológico Los Yesares se encuentra situado al norte de Pinto muy cerca de Getafe, dentro del Parque Regional del Sureste en la zona E2 con destino agrario, forestal, recreativo, educativo y/o equipamientos ambientales, y/o usos especiales.

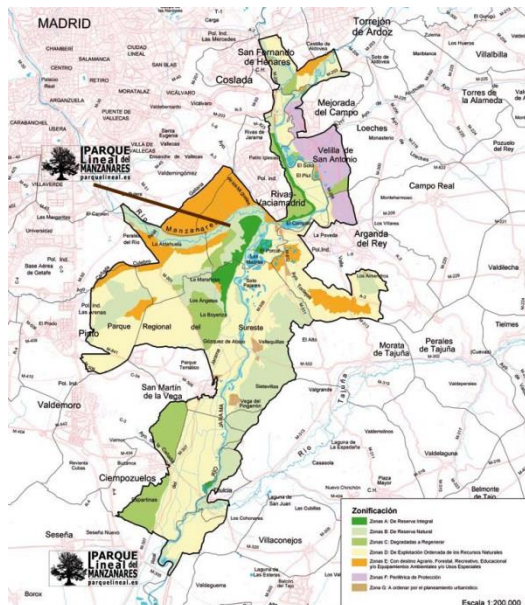


Figura 2.3 Mapa general del Parque Regional del Sureste.

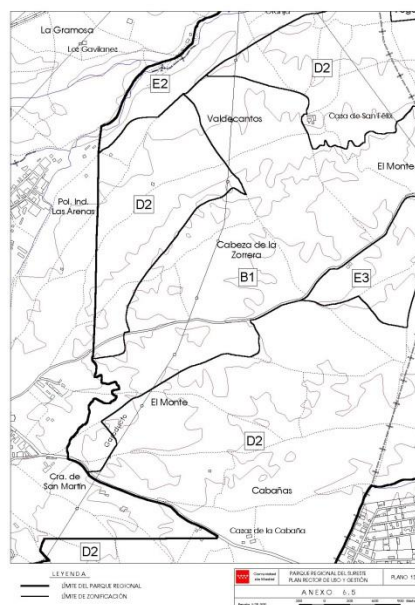


Figura 2.4 Plano 12 de la zonificación del Parque Regional del Sureste.

En concreto en las parcelas rústicas 28113A00500047/44/43/42 compuestas de matorral, pastizal y cultivo de secano; situadas en una zona bajo el topónimo de Cuniebles, al sur de la Cueva de Cuniebles.

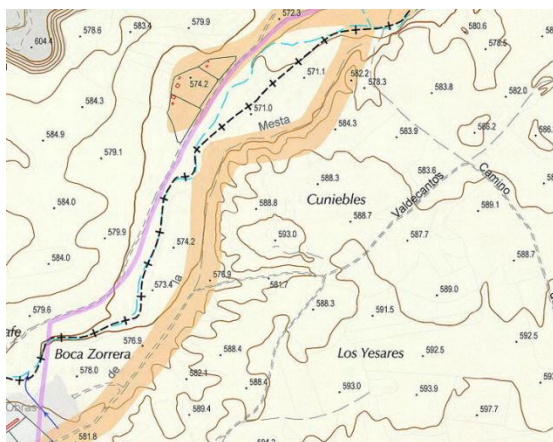


Figura 2.5 Mapa de la zona de Cuniebles.



Figura 2.6 Imagen por satélite del yacimiento.

El acceso al yacimiento se realiza tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía del Sur la A-4, hacia el polígono industrial Las Arenas. Lo atravesamos por la calle Carpetanos y al otro lado del polígono industrial cruzando un pequeño arroyo damos con la Cañada Real Galiana que siguiéndola en dirección noreste nos llevará al yacimiento en unos 2 km. Las coordenadas GWS84 para llegar son Latitud 40° 16' 39,79'' N y longitud 3° 40' 15,74'' W.

El yacimiento arqueológico se sitúa en una pequeña formación cerrosa yesífera, en la orilla sureste del arroyo Culebro; rodeado por la Cañada Real al Oeste y al Norte, por un camino al Sur y por cultivos al Este. Su extensión es de 10 hectáreas, la cota máxima situada en lo alto del cerro es de 594 m y la mínima de 571 m sobre el nivel del mar que se encuentra en el extremo noreste en la ribera del arroyo. El terreno tiene pendientes entre el 2,5% y el 47%.

La cartografía también incluye parte de las parcelas periféricas rústicas de Pinto 28113A005000**35/36/37/38/41/48/49/50** y la de Getafe 28065A022000**61** que junto al yacimiento forman un conjunto de 18 hectáreas.

La Cañada Real Galiana originariamente nacía al Sur de La Rioja, en su recorrido atraviesa el municipio y el centro urbano de Pinto y finaliza en el Valle de Alcudia, en la provincia castellano-manchega de Ciudad Real. Con una longitud aproximada de 400 kilómetros, de los que se calcula que se han perdido unos 100.

El arroyo Culebro es una corriente natural e intermitente de agua de unos 28 km de longitud. Su caudal varía dependiendo de la estación, alcanzando su máximo en primavera y su desaparición total en verano. Nace en el término municipal de Leganés y forma parte del límite entre los términos municipales de Getafe (al Norte) y de Pinto (al Sur) y acaba desembocando en el río Manzanares. Parte de su ribera está poblada por humedales de cañas y árboles de hoja caduca.



---

### ***3 ANTECEDENTES***

### 3. ANTECEDENTES

La Arqueología bélica y militar, es un campo poco explorado en España frente a otros países europeos. Podríamos decir que la Arqueología de la Guerra Civil está aún en pañales. De hecho incluso administrativamente, según la mayoría de normativas nacionales, autonómicas o municipales, no se pueden entender como yacimientos y materiales arqueológicos las estructuras y elementos pertenecientes a este momento histórico, al no haberse superado los 100 años desde el inicio del conflicto fratricida. Este patrimonio queda en una especie de limbo y es que en este sentido la legislación se presenta un tanto ambigua.

Ley 16/1985, de 25 de junio de Patrimonio Histórico Español: “[...] forman parte del Patrimonio Histórico Español los bienes muebles o inmuebles de carácter histórico, susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan sido o no extraídos y tanto si se encuentran en la superficie o en el subsuelo, en el mar territorial o en la plataforma continental”. Pero en la práctica este patrimonio material sigue degradándose o perdiéndose.

El yacimiento arqueológico de Los Yesares se encuentra bajo la protección del Parque Regional del Sureste desde el 28 de junio de 1994 con la Ley 6/94 de la Comunidad de Madrid, siendo suelo no urbanizable, lo cual ha permitido su conservación.

La existencia de una zona del término municipal en la que se encuentran las estructuras de origen militar que datan del conflicto armado acaecido entre 1936 y 1939 era y es de conocimiento general, si bien, hasta la fecha no se habían realizado ningún tipo de intervención sobre los restos encaminada a paliar el deterioro propio del abandono y a su puesta en valor mediante una estrategia de revalorización y difusión

Es en 2013, se crea el equipo arqueológico **Cota 667**, que comienza a estudiar los restos arqueológicos de la Guerra Civil de la Batalla del Jarama en el término municipal de Pinto, equipo liderado por Ángela Crespo Fraguas y Miguel Ángel Díaz Moreno.

En 2013 se inicia el proyecto “**Estudio y revalorización de los restos de la Guerra Civil Española (1936-1939) en el término municipal de Pinto**” (Expediente RES/0389/213 de la Dirección General de Patrimonio Histórico de la C.A.M) bajo la dirección arqueológica de Cota 667. Se encuadrará en un proyecto más amplio que tendrá como objetivo la puesta en valor del Patrimonio Integral de la zona que incluirá aspectos medioambientales, históricos, arqueológicos y etnológicos, y que estará encaminado a su inclusión en la Red de Yacimientos Visitables de la Comunidad de Madrid. Tiene como finalidad dotar de carácter oficial los estudios de localización y documentación de todas las estructuras militares que datan de la Guerra Civil Española (19136-1939) que se localizan en el término municipal de Pinto (Madrid), y de este modo seguir los pasos que marca la LEY 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid recientemente aprobada.

El Título Preliminar establece en su Artículo 2 los bienes que integran el patrimonio histórico de la Comunidad de Madrid, señalando que “Integran el patrimonio histórico de la Comunidad de Madrid los bienes materiales e inmateriales ubicados en su territorio a los que se les reconozca un interés histórico, artístico, arquitectónico, arqueológico, paleontológico, paisajístico, etnográfico o industrial”, por lo que si atendemos a esta disposición, los restos objeto de nuestro estudio estarían amparados bajo la definición de patrimonio histórico lo que justificaría las actuaciones a realizar sobre los mismos encaminadas a su protección.

Por otra parte, el Artículo 5 se ocupa de señalar las competencias de cada Administración en materia de protección del patrimonio histórico y cuál será la colaboración ente las diferentes Administraciones Públicas, estableciendo que:



“1. Corresponde a la Comunidad de Madrid la competencia exclusiva sobre el patrimonio histórico ubicado en su territorio, sin perjuicio de las competencias que el ordenamiento jurídico atribuye al Estado y a las Entidades Locales.

2. Las Administraciones Públicas cooperarán entre sí en el ejercicio de sus funciones y competencias para la defensa, conservación, fomento y difusión del patrimonio histórico mediante relaciones recíprocas de plena comunicación, cooperación y asistencia mutua”.

En este sentido hay que destacar que el proyecto de estudio que nos ocupa está avalado por la Concejalía de Cultura y Patrimonio del Ayuntamiento de Pinto, cuya participación se enmarca en lo establecido en el Título II de la mencionada ley en el que se establecen las normas básicas para la protección del patrimonio histórico, donde se atribuye a los Ayuntamientos las competencias “sobre los bienes del patrimonio histórico que no estén declarados ni Bienes de Interés Cultural, ni Bienes de Interés Patrimonial (...)”

Una vez realizadas las labores de documentación pertinentes se remitirán todos los resultados obtenidos a la Consejería de Patrimonio para que sean incluidos en el Inventario de Bienes Culturales de la Comunidad de Madrid y pasen de ese modo a ser considerados Bienes de Interés Patrimonial con los beneficios e implicaciones legales y administrativas que esta consideración conlleva.

Se han documentado cuatro zonas en las que se aprecian diferentes tipos de construcciones militares. Todas ellas se encuentran localizadas en la esquina noreste del término municipal de Pinto, en la zona comprendida entre la autovía A-4, el arroyo Culebro, la antigua carretera Pinto-La Marañosa y las elevaciones del paraje de Valdecantos.

La primera zona (Los Yesares) es la posición adelantada del arroyo Culebro, junto a la Cañada Real Galiana en la que se localizan cuatro fortines de hormigón y un conjunto de trincheras en buen estado de conservación.

La segunda se localiza en el cerro Cabeza Fuerte, en el que se han documentado otros cuatro fortines de la misma tipología que los anteriores y un conjunto que en este caso están mal conservadas debido a las labores agrícolas y la erosión, ya que algunas de ellas se encuentran en la ladera del cerro.

El tercer conjunto es la posición Cota 649, situado al noreste del cerro Cabeza Fuerte que se compone de dos pequeñas casamatas de hormigón en mal estado de conservación y un conjunto de trincheras que jalonan toda la elevación. Esta cota tiene su continuidad hacia el este en forma de dos pequeñas elevaciones en las que también se documentan trincheras, pero que se adentran ya en el término municipal de Getafe.

Por último, en el paraje de Valdecantos se ha documentado una posición de artillería compuesta por tres parapetos de hormigón de forma cuadrangular que alojarían las piezas de artillería y frente a ellos, en una ligera loma, un conjunto de trincheras con dos fortines circulares en los extremos noroeste y sureste que defenderían las zonas dedicadas a polvorín, que aparecen en forma de una línea de oquedades excavadas de forma independiente.

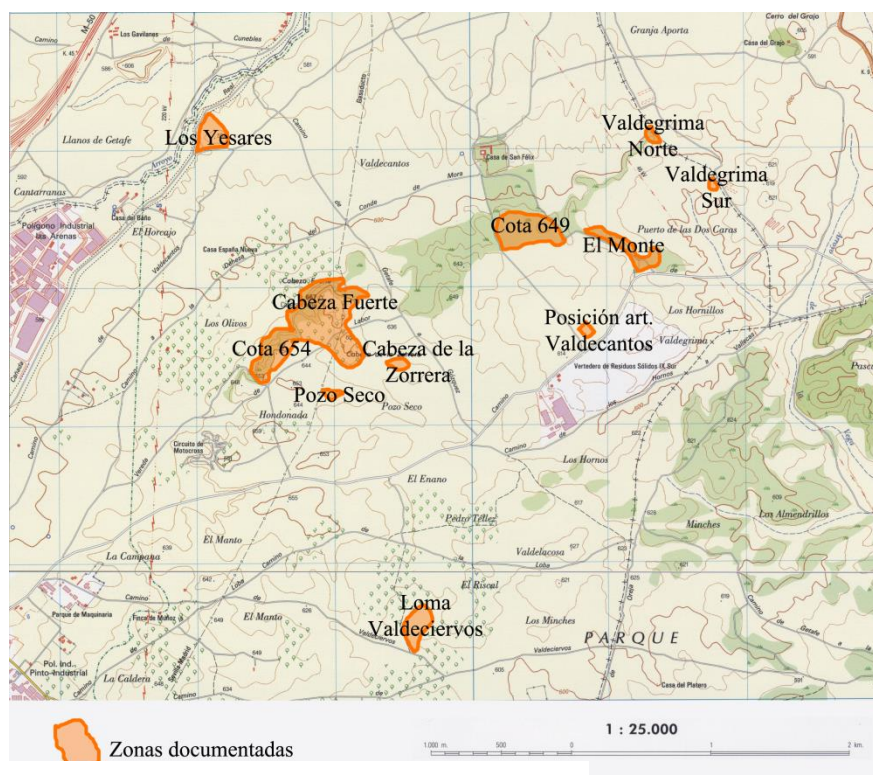


Figura 3.1 Plano con zonas documentadas



Los trabajos arqueológicos realizados en el yacimiento a estudio fueron la catalogación e identificación sobre el terreno de las diferentes estructuras que se observen. Para ello se llevaron a cabo tareas de fotografiado, realización de dibujos y croquis, georreferenciación y realización de planos, así como descripción de elementos. Todos estos parámetros, junto con otros datos, se plasmaron en una ficha de campo. Se utilizaron imágenes aéreas y por satélite para localizar las estructuras y su distribución. Se realizaron prospecciones en las cuatro zonas obteniendo multitud de objetos pertenecientes a la Guerra Civil y georreferenciándolos mediante GPS de navegación.

PROYECTO DE ESTUDIO DE LOS RESTOS DE LA GUERRA CIVIL EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PINTO (MADRID)

FICHA DE ELEMENTO



LOCALIZACIÓN:

Número de Resto:	Tipo:	Toponimia del paraje:	Coordenadas wgs84:
AC-1	Fortín (Bunker)	Arroyo Culebro (Cañada Real)	Lat: 40° 15' 39,79" N Long: 03° 40' 15,74" W

CARACTERÍSTICAS:

Adscripción (Bando):	Año:	Dimensiones:	Materiales Constructivos:
Franquista	1937	Long: Max. 3,90 m. Anch: Max. 3 m. Alt: Max. Ext. 1,20m	Hormigón armado

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA:

Croquis de localización:	Imagen:
	

Observaciones:  
Primero de los cuatro fortines que forman la "posición adelantada" del Arroyo Culebro. Es el único orientado con la tronera hacia el S-W. La entrada en la parte trasera está centrada con respecto al eje central.

Tomador de la ficha:	Fecha:
M. A. Díaz - A. Crespo	22 de Julio de 2012

Figura 3.2 Ficha del fortín SO de Los Yesares

Ante la falta de una cartografía actual de una escala adecuada para su estudio, en 2014 contactaron con la Universidad Politécnica de Madrid, la cual colabora con el presente proyecto "Levantamiento a escala 1/500 del yacimiento arqueológico Los Yesares" para dotar de una red local al yacimiento y una cartografía actualizada con una escala adecuada para su estudio, y otros dos proyectos "Obtención de una ortoimagen del yacimiento de Los Yesares (Pinto), mediante equipos UAV" de Carlos Ruiz Serrano y "Obtención del modelo tridimensional de un búnker de la guerra civil del yacimiento arqueológico Los Yesares mediante equipo láser escáner terrestre" de Esther Alfonso Carbajosa. Estos trabajos están coordinados por la profesora y tutora Mercedes Farjas Abadía.



## **4 ESTUDIO HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICO**

## 4. ESTUDIO HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICO

### 4.1 INTRODUCCIÓN

La historia de Pinto, una villa de la provincia de Madrid, comienza a conocerse a partir de una leyenda musulmana: La Leyenda del Arca y la denominación de Pinto como "centro geográfico de la Península Ibérica". Según la vieja leyenda, los musulmanes llevaron a cabo unas mediciones que situaron en el barranco del Egido de Pinto, el punto céntrico de la península. En el citado lugar, quedó enterrada bajo una piedra circular marcada con una X, el arca en cuyo interior depositaron los instrumentos que habían utilizado en sus mediciones.

Sin embargo, existe una hipótesis que apunta a un origen romano del núcleo y al término "Punctum" (del latín: punto de paso) como origen del nombre del municipio, debido a la confluencia de cinco calzadas. Punto, que por corrupción del lenguaje, habría dado lugar al nombre actual: Pinto.

No se sabe cuándo llegaron a la zona sus primeros habitantes, los restos más antiguos se encuentran en la Cueva de Cuniebles, y hay otros asentamientos prehistóricos en las márgenes de los arroyos Prados y Culebro, en las cercanías de la cueva.

La Cueva del Descansadero de Cuniebles, excavada en un escarpe yesífero de poca altura, levitando sobre los carrizales del Arroyo Culebro y la Senda Galiana, se encuentra en el cerro inmediato al despoblado de Cova Nubdes-Covanubles, aldea madrileña de la repoblación, a partir de 1085.

Cova de Nubdes significa Cueva de Nobles, evolucionará a Covanubles-Cuniebles, según reflejan diversos documentos a finales de la Edad Media, al igual que el hidrónimo del arroyo, resultado de la evolución Cuniebles-Culebres. La cerámica hallada nos permite datar ocupaciones desde el Bronce, Hierro, hasta época medieval. La Mesta utilizó este Descansadero, un hito más en su Cañada Galiana.

El modelo de ocupación romana en el término municipal de Pinto parece haberse desarrollado siguiendo dos ejes direccionales:

Prerromano: siguiendo el curso del arroyo Culebro, al norte del municipio. Se desconoce la identidad de estos hábitats, aunque podría tratarse de pequeños asentamientos agrarios que aprovecharían la vega del Culebro. En general se trata de asentamientos en alto, formados por la agrupación irregular de varias casas de planta rectangular con zócalos de piedra y alzado en tapial.

Dirección Norte-Sur: a lo largo de este eje se sitúan una serie de yacimientos tardorromanos.

Durante el dominio musulmán, entre el 711 y 1083, Pinto era una colonia de Getafe llamada Xata, que fue reconquistada por Alfonso VI en su avance sobre Toledo en 1085.

La Cañada Real Galiana nacía al sur de La Rioja, en su recorrido atraviesa el municipio y el centro urbano de Pinto y finaliza en la provincia de Ciudad Real. Regulada por edicto real de Alfonso X el Sabio en 1273. Si bien los caminos trazados por las cañadas luego conocidas como reales eran recorridos usados desde el antiguo por el pastoreo trashumante, el decreto de Alfonso X perseguía la regulación, ordenación y protección de ciertos caminos que por su importancia, uso o ubicación merecían ser preservados de posibles violaciones. Así, junto con la creación del Concejo de la Mesta, quedaron definidas las cañadas reales. La pérdida de los privilegios de la Mesta llegó al final del Antiguo Régimen (siglos XVIII y XIX).

Los Yesares-Cuniebles siempre ha sido una zona dedicada a la agricultura y pastoreo, hasta la llegada de la Guerra Civil.

## 4.2 LA GUERRA CIVIL

Tras el golpe de estado del 18 de Julio de 1936 la respuesta de las autoridades republicanas no fue efectiva, pues confiaron demasiado en la posibilidad de acabar rápidamente con el alzamiento. Por su parte, los generales sublevados confiaban en que, a pesar de no haber tenido el éxito inicial que esperaban, con la ocupación de Madrid podrían concluir rápidamente con el conflicto y hacerse con el poder. Ambos factores influyeron en que la recién iniciada guerra se prolongase durante los tres años que siguieron.

Con la finalidad de ocupar la capital, el recién organizado “Ejército del Norte” al mando del general Mola comenzó el avance hacia Madrid pero fue detenido en las cumbres del Sistema Central.

A su vez, en el Sur se creó en Sevilla la denominada “Columna Madrid” que partió hacia el Norte al mando del General Varela el 3 de Agosto de 1936. En su avance durante el verano de 1936 tuvieron lugar importantes episodios de la contienda, como la ocupación de Badajoz (14 de agosto), la ocupación de Talavera de la Reina (3 de Septiembre) y la ocupación de Toledo, con el episodio del fin del asedio de Alcázar (27 de Septiembre). Esta última plaza sería la base de partida de las tres columnas dirigidas por Varela y comandadas por los coroneles Yagüe, Barrón y Monasterio, que a principios de Octubre iniciaron el asalto de la capital siguiendo las líneas de las carreteras de Extremadura, Toledo y Andalucía respectivamente, en lo que sería el germen lo que se conoce como “Batalla de Madrid”.

Hasta estos momentos el avance del ejército sublevado había sido rápido debido a la desintegración del ejército en el bando republicano y a la mala actuación de las milicias populares. Pero esta situación cambio con la creación del “Ejército Popular de la Republica” que combinó a las milicias con los restos del ejército regular y organizaron de modo más efectivo la defensa de la capital.

Entre otras medidas, el gobierno republicano planificó la defensa de la capital creando cuatro anillos defensivos concéntricos que serían fortificados con la construcción de numerosos fortines de hormigón. El operativo fue ideado por el general Masquelet, y de ahí el nombre por el que se conoce (“Plan Masquelet”) y ejecutado por la Comisión de Fortificaciones, a cargo del coronel Ardid, que a su vez dependía de la Consejería de Milicias de la Junta de Defensa de Madrid.

El segundo de estos anillos discurría por la línea Brunete-Villaviciosa de Odón- Fuenlabrada-Pinto-San Martín de la Vega.

El plan se quedó prácticamente en el aspecto teórico, llegando a construirse únicamente algunas de las fortificaciones en Madrid, Getafe o el Cerro de los Ángeles.

Tras la ocupación de los pueblos del Norte de la provincia de Toledo, en Noviembre de 1936 se comienza a combatir en los alrededores de Madrid. Pinto, Getafe y Fuenlabrada fueron ocupados el día 2, Móstoles el día 3, y el 6 de Noviembre ya se combatía en Villaverde.

Los combates continuaron en las afueras de la capital durante todo el mes de Noviembre en un frente que abarcaba desde Ciudad Universitaria por el Norte, hasta la carretera de Andalucía a la altura de Usera por el Sur.

Los restos asociados a los combates de estos primeros momentos que han sobrevivido en Pinto son escasos, y están localizados en el casco urbano del municipio, relacionados con la ocupación, el asentamiento de infraestructuras logísticas y el acuartelamiento de tropas. Sin embargo hay que destacar que una de las zonas en las que se conservan aun vestigios de la guerra, el Cerro Cabeza Fuerte, comenzó a ser fortificados por las tropas republicanas en este momento, siendo continuada la labor por las tropas franquistas tras su posterior ocupación.

Aunque el asalto directo a la capital no pudo culminar con éxito, la idea de asediar Madrid y ocuparla no se abandonó, y en los siguientes meses, ya en el año 1937, tuvieron lugar varias ofensivas por parte de ambos bandos encaminadas a tomar la ciudad en un caso y a aliviar el cerco en el caso contrario. En este sentido acaecieron las batallas del Jarama, Guadalajara y Brunete durante los meses de Febrero, Marzo y Julio de 1937 respectivamente. En el caso de la zona de estudio que nos ocupa, los acontecimientos que tuvieron lugar en ella están en relación con la Batalla del Jarama.

Ya a mediados de enero de 1937 ambos bandos eran conscientes de la importancia que tenía la carretera de Madrid-Valencia, pues había quedado como importante corredor por el que llegaban suministros a la capital. Por ello habían estado acumulando tropas y realizando movimientos de las líneas en la zona para ser los primeros en iniciar la ofensiva, aunque finalmente fueron las tropas sublevadas las que tomaron la iniciativa.

En este sentido tuvo lugar la ocupación el 19 de enero, por parte de las tropas de la 4ª División republicana al mando de coronel Modesto, del Cerro de los Ángeles (“Cerro Rojo”), en un movimiento que pretendía mover las líneas defensivas desde Villaverde al otro lado del Manzanares y enlazar por el este con los efectivos de la 48 Brigada Mixta en la zona de Rivas. Los combates en el cerro, a escaso kilómetro y medio de nuestra zona de estudio, fueron muy intensos y finalmente fue recuperado por varios tabores de regulares.

En este punto, aprovechando la inercia, las tropas franquistas continuaron su avance hacia el este, llegando a ocupar el cerro Cabeza Fuerte, pero debieron retroceder y tomar posiciones a lo largo de la carretera de Andalucía debido a la intensidad de las lluvias que hicieron impracticable el terreno. Los planes de ataque se ralentizaron pero siguieron ejecutándose y para ello se acantonaron cinco brigadas en el eje Norte-Sur que constituía la carretera de Andalucía, en los pueblos de Pinto y Valdemoro, al mando del general Varela, que iniciarían su avance el día 6 de Febrero.

Desde Valdemoro partieron las brigadas de los coroneles Asensio y García-Escámez, mientras que desde Pinto partieron las brigadas de los coroneles Rada y Sáez de Buruaga, quedando la de Barrón en reserva, que apoyaría más adelante a ambas.

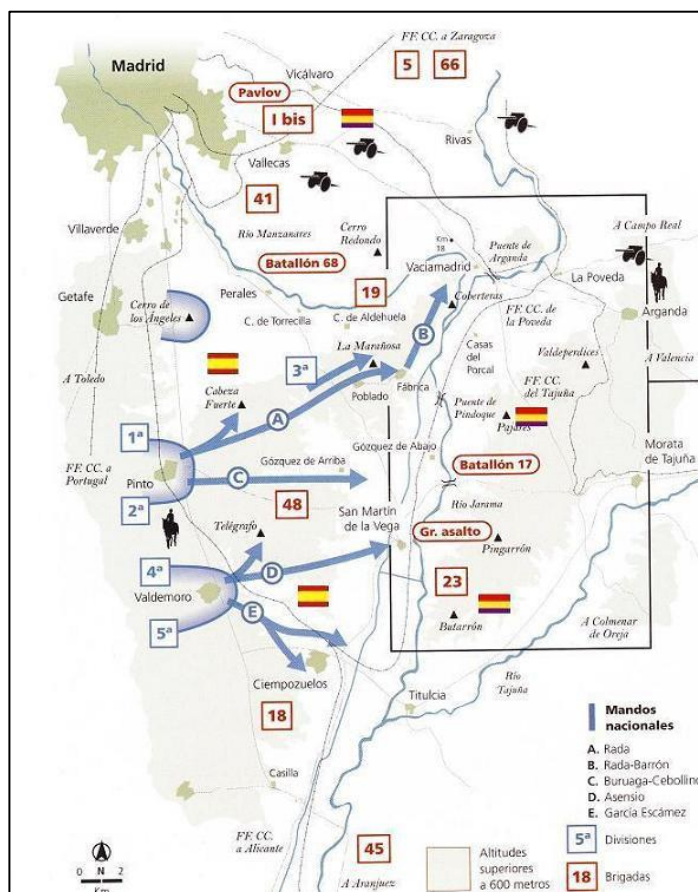


Figura 4.1 Batalla del Jarama

El coronel Rada fue el primero en iniciar el avance en dirección Noreste ocupando los vértices que se extienden desde la carretera de Andalucía hasta la unión de los ríos Manzanares y Jarama. Estas alturas son (de SW a NE); Los Yesares, Cabeza Fuerte, Cota 649, Monte del fraile, La marañosa y Coberteras. Su misión era proteger el flanco Norte de la ofensiva franquista ante cualquier respuesta republicana que viniese desde el sur de la capital para que las demás brigadas pudiesen operar en la zona central. En este sentido, el coronel Sáez de Buruaga comenzó su avance igualmente desde Pinto en dirección Este con la intención de ocupar San Martín de la Vega, ya a las orillas del río Jarama.



### 4.3 LOS YESARES

No está muy claro en qué momento se ocupó exactamente la posición de los Yesares. Pudo haber sido en los combates que tuvieron lugar en torno al 19 de enero en la zona del Cerro de Los Ángeles o en el primer intento a finales de enero por ocupar el Cerro Cabeza Fuerte que acabó con la vuelta a las posiciones de partida debido al mal tiempo o si por el contrario se ocupó al iniciarse la ofensiva del Jarama el 6 de Febrero de 1937. En todo caso fueron las tropas de la I Brigada del Coronel Rada las que se ocuparon de su defensa a lo largo de toda la ofensiva.



*Figura 4.2 Imagen aérea del yacimiento arqueológico Los Yesares*

Los combates más intensos en el flanco norte del avance franquista se concentraron principalmente en “La Marañosa” y “Coberteras”, por su proximidad a la carretera de Valencia, sufriendo la zona que nos ocupa números bombardeos de artillería y protagonizando alguna “descubierta” de las tropas en dirección norte pero de nula repercusión. La línea del frente en esta zona permanecería desde este momento sin alteración alguna hasta el final de la guerra, realizándose únicamente tareas de fortificación y protagonizando ataques esporádicos.

Los restos que han llegado hasta nuestros días se corresponden con la “fosilización” del frente al finalizar la guerra. La posición de Los Yesares se corresponde con la posición “Vega Baja” perteneciente al VI núcleo de resistencia denominado “Centro de resistencia Cerro de los Ángeles”. Que fue ocupado hasta final de la guerra por las tropas de la División 18. En él encontramos los elementos de fortificación típicos dictados por las órdenes del Estado Mayor que son:

- Fortines para armas automáticas (4).
- Pozos de tirador (51).
- Red de trincheras (1308 m conservados)
- Caminos fortificados/Zanja antitanque (3).
- Puesto de tiro de mortero (1).
- Abrigos de hábitat (17).
- Refugio para oficiales (1).



*Figura 4.3 Fortín SO y trincheras*



*Figura 4.4 Pozo de tirador y trincheras*



*Figura 4.5 Fortín E*



*Figura 4.6 Zanja antitanque*



---

## ***5 FUNDAMENTOS TEÓRICOS***

## 5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 5.1 SISTEMA GPS

#### 5.1.1 Introducción

El sistema de posicionamiento global GPS fue desarrollado con fines militares, por el Departamento de Defensa de los EEUU (DoD), organismo que se ocupa además de su desarrollo, del control del sistema, que ha ido aumentando su uso público a lo largo del tiempo, siendo las aplicaciones orientadas a la topografía y geodesia únicamente una pequeña parte de los distintos usos que actualmente pueden darse al sistema. El sistema GPS proporciona desde que se encuentra operativo información sobre la posición y el tiempo las 24 horas del día, independientemente de las condiciones atmosféricas, en el Sistema de Referencia Geodésico WGS84.

Se basa en la recepción de señales formadas por radiaciones del espectro electromagnético procedentes satélites artificiales, por ello es necesario conocer la situación del satélite respecto al origen, o vector satélite y obtener a partir de nuestras observaciones el vector de observación entre el satélite y nuestra posición.

El vector satélite puede ser conocido si disponemos de las efemérides, o parámetros que transmite el satélite que van a permitir determinar su posición en función del tiempo. Las efemérides son facilitadas por los operadores de la constelación tras hacer su seguimiento desde las estaciones monitoras.

Los satélites emiten señales que son registradas por los receptores con fines que no solamente se destinan a la navegación, siendo hoy en día otras muchas funciones desconocidas para el usuario civil. Con las señales emitidas se pueden realizar diferentes tipos de posicionamiento que permiten alcanzar precisiones muy elevadas. Los posicionamientos realizables mediante técnicas GPS se pueden dividir según varios criterios:



Según el sistema de referencia utilizado (Posicionamiento absoluto o posicionamiento relativo), según el estado del receptor (Posicionamiento cinemático o Posicionamiento estático), según el observable utilizado (Código o Fase) y según el momento en el que se calculen las soluciones (Tiempo Real o Post-proceso).

Una característica importante del GPS es la utilización de su propio sistema de tiempo, el Tiempo GPS (TGPS). Mantiene una desviación constante de 19 segundos del Sistema Internacional con el Tiempo Atómico Internacional (TAI). Coincidió con el Tiempo Universal Coordinado (UTC) en la época inicial de TGPS, el 6 de enero del año 1980. Su unidad es el segundo del Sistema Internacional, por lo que es una escala uniforme y continua. La diferencia entre el GPST y UTC no es constante. Se relacionan a través de los “segundos intercalares”.

El diseño de la estructura de la señal GPS, está condicionado por los objetos que persigue el propio sistema de navegación y que distinguen al propio sistema de los anteriores sistemas de posicionamiento. Algunos de los objetivos más importantes son: alta precisión en posición en tiempo real, navegación en tiempo real para usuarios con altas velocidades, cobertura mundial, conseguir una posición inicial en un tiempo razonable y tolerancia a las interferencias intencionadas y no intencionadas.

A excepción de la cobertura mundial, que depende del despliegue orbital de los satélites, los otros aspectos tienen relación con: la elección de la banda de radio frecuencias, la modulación de las portadoras por medio de códigos, las señales de amplio espectro y el diseño de las antenas.

Debemos tener en cuenta que para obtener posiciones instantáneas en tiempo real, hay que realizar medidas simultáneamente de varios satélites (mínimo 4), para lo cual cada satélite va a tener asignado un código único (PRN) con el fin de identificar sus señales y además se va a conocer la posición de cada uno de los satélites en tiempo real por medio del mensaje de navegación. Por otro lado, la

obtención de velocidad (con precisión a nivel de cm/s) requiere medidas Doppler sobre portadoras de longitud de onda centimétrica.

La señal GPS va a consistir en ondas electromagnéticas pertenecientes a la banda L del espectro debido principalmente a que los efectos del retardo ionosférico son sustancialmente menores que en otras bandas y es más fácil la asignación del canal de comunicación. El ancho de banda de las señales GPS es superior al necesario para transmitir información, son señales de amplio espectro, con el fin de lograr las altas precisiones en tiempo real que se requieren para la navegación, combatir el amplio número de interferencias que se producen actualmente y asegurar las comunicaciones entre el transmisor (satélite) y el receptor (observador en tierra).

### **5.1.2 Constitución del sistema GPS**

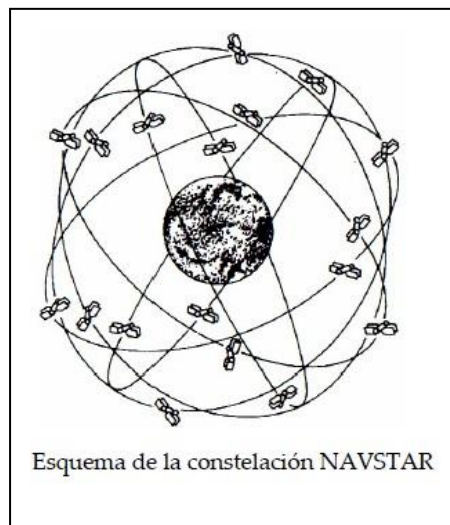
La infraestructura necesaria para el funcionamiento del sistema GPS está dividida en tres sectores:

#### **Sector espacial**

Está compuesto por la constelación de satélites artificiales NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging o Navegación por satélite con medición de tiempo y distancia) completada el 1 de Enero de 1994. La constelación está formada por seis planos orbitales, y en cada uno de ellos existe una órbita elíptica, casi circular, donde se alojan los satélites regularmente distribuidos. Los planos orbitales tienen una inclinación de  $55^\circ$  respecto al plano del Ecuador. Cada uno de estos seis planos se identifican por las letras A, B, C, D, E y F. A su vez cada satélite dentro de la órbita se numera desde el 1, 2, 3, 4, 5, formando como mínimo una constelación de 24 satélites operativos, cuatro o cinco en cada órbita.



La altitud de los satélites es de 20.180 Km y completan dos órbitas exactas cada 360° de giro de la Tierra, es decir tienen un periodo de rotación de 12 horas de tiempo sidéreo. De esta forma cada satélite se encuentra sobre el horizonte unas cinco horas, configuración que asegura en cualquier posición sobre la Tierra y en cualquier momento, que existen entre seis y once satélites con geometría favorable, de los cuales se pueden recibir señales.



Los satélites que conforman la constelación NAVSTAR, pueden recibir y almacenar información que les es enviada por el sector de control, y a su vez son capaces de transmitir señales tanto al sector de control como al sector de usuario. Los satélites actuales están provistos de relojes atómicos de rubidio y cesio, y paneles solares que aseguran el suministro de energía del satélite. La emisión de las señales se realiza a través de antenas direccionales que funcionan en la banda L y S del espectro. Las señales emitidas y recogidas por el sector de usuario son las correspondientes a la banda L, mientras que el intercambio de información entre el sector de control y el sector espacial se realiza a través de la banda S.

### Sector de control

El sector de control tiene como misión el seguimiento continuo de los satélites que forman la constelación, a través de las cinco estaciones oficiales de seguimiento. Dichas estaciones se ubican, espaciadas de manera bastante uniforme a lo largo del Ecuador y son : la estación central o maestra (MCS) situada en la base Falcon Air Force, cerca de Colorado Spring (EEUU), y las secundarias se ubican en Ascensión (Atlántico Sur), Diego García (Océano Indico), Kwajalein (Océano Pacífico Occidental) y Hawai (Océano Pacífico Oriental).

En estas estaciones, se reciben continuamente las señales de los satélites que se encuentren en su horizonte local. Dicha información es necesaria para establecer con gran precisión las órbitas de los satélites. Todos los datos que se obtienen en estas estaciones se envían a la central donde son procesados y se calculan las efemérides, los estados de los relojes y toda la información que ha de ser transmitida y almacenada en la memoria de cada satélite para su radiodifusión. Esta transmisión, así como las correcciones del reloj y otros mensajes y comandos, pueden ser realizadas por las estaciones de Ascensión, Diego García y Kwajalein.

### **Sector de Usuario**

El sector de usuario se constituye por todos aquellos instrumentos utilizados, para calcular las coordenadas de un punto, hacer navegación o adquirir tiempo con la precisión de oscilador atómico, usando las señales radiodifundidas desde los satélites de la constelación NAVSTAR, y el “software” necesario para procesar estos datos.

Este sector es notablemente distinto, según la aplicación a la que se destine, aunque se puede definir como equipo elemental el formado por, antena, unidad de control y receptor GPS.

La antena recibe y amplifica la señal que se emite desde el satélite, y convierte dicha radiación electromagnética en corriente eléctrica. En el caso de los satélites, la antena emisora realiza el proceso inverso: convertir corriente eléctrica en radiación electromagnética.

Esta señal electromagnética, convertida en corriente eléctrica se transmite al receptor GPS, unidad en la que se almacena y/o procesa adecuadamente, según los parámetros introducidos en la unidad de control manipulada por el usuario.

Finalmente las coordenadas a calcular mediante las señales recibidas, se corresponden físicamente con el centro radioeléctrico de la antena, que no suele coincidir con su centro físico o mecánico.



La principal diferencia entre unos equipos GPS y otros, atiende a la precisión que permite alcanzar. Fundamentalmente existen tres tipos de receptores:

- Navegadores: reciben únicamente datos de código C/A por la portadora L1. Son simples receptores GPS muy sencillos en su uso y de bajo precio, funcionan autónomamente y consiguen precisiones por debajo de los 10 metros (sin Posibilidad Selectiva SA). Sus aplicaciones más comunes son la navegación, catastro y GIS.

- Monofrecuencia: reciben las observables de código C/A y fase de la portadora L1. Trabajan en modo diferencial en tiempo real y en diferido. La precisión aumenta respecto al anterior siendo de  $1\text{cm} + 2\text{ppm}$ , lo que permite utilizarlo en aplicaciones topográficas y geodésicas en pequeñas distancias siendo una opción menos cara.

- Bifrecuencia: reciben las observables de código (C/A y P) y fase de las portadoras L1 y L2. Son los equipos de mayor precisión, y se utilizan en aplicaciones topográficas y geodésicas. Trabajan en tiempo real o en postproceso alcanzando precisiones del orden de  $5\text{mm} + 1\text{ppm}$  y disminuyendo los tiempos de observación. Están indicados para trabajos de precisión y allí donde el rendimiento y los resultados requeridos sean máximos.

### 5.1.3 Estructura de la señal

Una de las características más importantes del sistema GPS, es la medida precisa del tiempo. Cada satélite contiene varios osciladores de alta precisión, con estabilizadores muy precisos dando medidas de tiempo del orden  $10^{-14}$ .

Cada satélite transmite señales en dos frecuencias, siendo estas las señales de navegación (códigos) y los datos de navegación y sistema (mensaje). Los códigos son modulados sobre la frecuencia portadora en forma de secuencias llamadas “ruido



pseudoaleatorio” (PRN). Las dos frecuencias portadoras en la banda L (valores usados están en la banda L de radiofrecuencias que abarcan desde 1 Ghz hasta 2 Ghz) son derivadas de una frecuencia fundamental de 10,23 MHz:

L1:  $154 \times 10,23 \text{ MHz} = 1575,42 \text{ Mhz}$  ( $\lambda = 19,05 \text{ cm}$ )

L2:  $120 \times 10,23 \text{ MHz} = 1227,60 \text{ Mhz}$  ( $\lambda = 24,45 \text{ cm}$ )

L5:  $115 \times 10,23 \text{ MHz} = 1176,45 \text{ Mhz}$  ( $\lambda = 25,51 \text{ cm}$ ). Todavía no se usa.

Existen dos formas de códigos (C/A y P), que son las que se modulan sobre estas portadoras, además de un mensaje que da la información de los parámetros orbitales del satélite y del estado del reloj. Los códigos son una secuencia de +1 y -1, correspondiente a los valores binarios de 0 y 1 respectivamente.

Un código C/A de fácil adquisición también denominado SPS, único para cada satélite de una longitud de 1023 bit, con una frecuencia  $f_0/10=1,023 \text{ Mhz}$  y un periodo de 1ms. Se modula en L1 y L2. Este código está declarado de uso civil para todos los usuarios.

Un código P de precisión también denominado PPS, de una longitud de 235.469.592.765.000 bit, con una frecuencia de  $f_0=10,23 \text{ Mhz}$  y un periodo aproximado de 38 semanas, asignándose un segmento semanal a cada satélite. Este código lleva una palabra denominada HOW que indica en que momento del código está cuando el receptor engancha el código y empieza a medir. El código P es secreto y de uso militar y con el fin de protegerlo se encripta usando un código W dando lugar a un código Y, si el código W está en curso se habla de que está conectado al A/S (Anti-Spoofing).

El mensaje de navegación contiene los datos que necesita recibir el usuario para llevar a cabo los cálculos y operaciones necesarias para la navegación, es decir, la determinación de la posición y la velocidad de dicho usuario. Dicha información se transmite a 50 bps y se modula sobre las dos portadoras.

Los datos que se incluyen en el mensaje son: Información sobre sincronización de tiempos, estado de los Satélites, parámetros para calcular las correcciones al reloj, las efemérides (posición y velocidad) para el vehículo espacial, correcciones a la señal por retardos atmosféricos, almanaque de toda la constelación, mensajes especiales, y mensaje para uso militar.

Cada página del mensaje de navegación tiene una longitud de 1500 bits y tarda 30 segundos en ser transmitida. Una página está constituida por 5 párrafos de 300 bits cada uno, con lo que tardará 6 segundos en ser transmitido cada uno, cada párrafo se divide en 10 palabras empezando por una palabra de telemetría (TLM) y otra de gestión del código C/A al P (HOW). Cada palabra tarda 0,6 segundos en ser transmitida.

El mensaje completo consta de 25 páginas, en cada una de ellas los párrafos 1, 2, y 3 son iguales y el 4 y 5 diferentes, por lo que el mensaje completo tardará 12,5 minutos en ser transmitido de forma completa. La información es la siguiente:

Bloque 1: Contiene los parámetros de desfase del reloj, salud del satélite antigüedad de la información y otras indicaciones.

Bloques 2 y 3: Contiene las efemérides, denominadas “transmitidas” para la obtención de resultados de posicionamiento.

Bloque 4: Contiene información no accesible para el usuario civil.

Bloque 5: Contiene el almanaque (información expedita de las órbitas de todos los satélites) y el estado de los relojes de los primeros 25 satélites.

Por cuestiones militares se introducía un error intencionado en las efemérides radiodifundidas de los satélites, denominado Disponibilidad Selectiva (SA). Como la posición de los satélites estaba alterada, esto influía directamente en el posicionamiento sobre el sistema de referencia WGS84 con lo que no se podía saber cuál era nuestra posición en coordenadas absolutas, pero este error no influye para la precisión por lo que en posicionamientos diferenciales la posición de un punto respecto a una referencia no estaba afectada de ese error.

#### 5.1.4 Observables y medidas de distancia

La determinación de la posición de un punto mediante GPS se basa en la medida entre el receptor y el satélite. El concepto de observable GPS es una medida de dicha distancia derivada bien de medidas de tiempo, bien de las diferencias de fase, basadas en la comparación entre la señal recibida por el receptor procedente del satélite, y la réplica de dicha señal generada por el receptor. Los observables son los siguientes:

Observables de tiempo:

- Código C/A modulado sobre la portadora L1
- Código P modulado sobre la portadora L1
- Código P modulado sobre la portadora L2

Observables de diferencia de fase de la portadora:

- Diferencia de fase de la portadora L1, denominado  $\Phi_1$
- Diferencia de fase de la portadora L2, denominado  $\Phi_2$

Las distancias que calculamos a partir de estos observables están afectados por una serie de errores, por lo que se denominarán pseudodistancias.

Medidas de código:

En este caso el observable es el retardo o tiempo  $\Delta T$  que tarda la señal en viajar desde el centro de fase de la antena del satélite (instante de emisión) hasta el centro de fase de la antena del receptor (instante de recepción). El valor proporciona la distancia “aparente” entre ambos,  $D=c \times \Delta T$ . A partir de la correlación del código (P o C/A) recibido del satélite con una réplica del mismo que genera el receptor, se obtiene el tiempo de propagación  $\Delta T$ .

El satélite transmite un impulso (código), que contiene como información adicional el instante de la emisión. En el receptor se mide el momento de llegada del impulso y se lee la información contenida sobre el instante de emisión.

Se ha de tener en cuenta que en este proceso intervendrán dos relojes, el del receptor y el del satélite, por lo que las distancias medidas estarán afectadas por los errores de dichos relojes y en consecuencia las llamaremos pseudodistancias.

Para eliminar la influencia de esta variable se realiza la observación con por lo menos cuatro satélites, 3 para la posición (X, Y, Z) y 1 para el reloj ( $\Delta T$ ).

El método de pseudodistancias es propio de la técnica GPS. Se trata de una auténtica multilateración tridimensional que sitúa a la estación de observación, en la intersección de las esferas con centro en el satélite y radio correspondiente a la distancia entre las antenas de los satélites y el receptor, medida por éste. La precisión de posicionamiento que nos ofrece este método es aproximadamente de un 1% del periodo entre sucesivas épocas de un código.

Medidas con fase:

En este caso se mide el desfase de la onda portadora, la fase de la señal llegada del satélite es comparada con la fase de una señal de referencia generada en el receptor.

El satélite genera una onda con una determinada frecuencia (L1 o L2) en un instante y el receptor genera esa misma onda en ese mismo instante. El receptor compara la onda recibida con la generada y mide el desfase entre ambas así como la variación de este desfase en el tiempo. Para determinar la distancia exacta falta conocer el valor inicial del número entero de longitudes de onda (N o ambigüedad inicial de fase) entre el satélite y el receptor que se mantendrá constante en el tiempo y después de un tiempo continuado de observación.

Este método es el que permite obtener mayor precisión, se fundamenta en que partiendo de una frecuencia obtenida del oscilador que controla el receptor, se compara con la portadora demodulada que se ha conseguido tras la correlación, controlándose así, en fase, la emisión radioeléctrica realizada desde el satélite con frecuencia y posición conocidas. Cuando esa emisión llega a la antena, su recorrido corresponde a un número entero de longitudes de onda, denominado  $N$ , más una cierta parte de longitud de onda cuyo momento exacto de recepción por parte de la antena puede variar entre  $0$  y  $360^\circ$ , por lo que tendremos una frecuencia y cierta parte de longitud de onda conocida pero nos falta por conocer la ambigüedad. La resolución de la ambigüedad se hace mediante un extenso proceso de cálculo que también resolverá el estado de los relojes y los incrementos de coordenadas entre estaciones.

Es importante que el sistema no pierda el seguimiento de la fase para que la ambigüedad inicial no varíe, si esto ocurre aumentaría el número de ambigüedades del sistema. La precisión que puede obtenerse usando el observable de fase es mucho mayor que la obtenida usando código, pero requiere mayor tiempo de observación, para contar con un número elevado de observaciones, y complejos cálculos de postproceso.

### 5.1.5 Métodos de posicionamiento

Los distintos métodos de posicionamiento; utilizando el sistema GPS se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios, tal y como se ha citado al comienzo de este capítulo y que a continuación se detallan:

Según el sistema de referencia adoptado:

a) Posicionamiento absoluto: Este tipo de posicionamiento determina la posición del receptor en coordenadas absolutas y referidas al sistema de referencia al que estén referidos los satélites. Los observables utilizados para este tipo de

posicionamiento suelen ser los códigos C/A o P para determinar la pseudo distancia. Este tipo de posicionamiento se realiza con un solo receptor y tiene como inconveniente la escasa precisión del posicionamiento, que está afectado por una serie de errores que degradan la posición del receptor entre 4 y 100 m en el caso que la disposición selectiva esté desactivada (S/A = OFF). La solución de este método se obtiene en tiempo real por navegación o por resolución de un sistema mínimo cuadrático en el que la redundancia del sistema se encuentra en función del tiempo de observación, caso en el que se mejora la precisión y se denomina como “single point”.

b) Posicionamiento relativo: Este tipo de posicionamiento determina la posición del receptor en un sistema de coordenadas local o relativo, mediante el cálculo de incrementos de coordenadas. Es necesaria la utilización de dos o más receptores, y se superan con creces las precisiones del anterior método ya que al emplear dos equipos, se observa una serie de satélites en el mismo instante, de modo que se pueden eliminar errores propios del sistema GPS. Se calculan así los incrementos de coordenadas del receptor “móvil”, respecto al receptor que se establece como referencia o receptor “fijo”, de manera que los incrementos de coordenadas se obtienen con unas precisiones entre 0.5 y 0.05 m. En muchas ocasiones se asignan las coordenadas obtenidas mediante un “single point” a receptor utilizado como referencia, y a partir del cual se calculan los incrementos de coordenadas. La disponibilidad de los resultados, en tiempo real o en postproceso, depende de la existencia de radio comunicación de los receptores en el momento de observación.

Según el movimiento del receptor:

a) Estático: Mediante este tipo de posicionamiento se determinan las coordenadas del receptor a partir de una serie de observaciones realizadas en un periodo de tiempo en el que no hay desplazamientos del receptor superiores a la precisión del sistema utilizado. El tiempo de observación puede ser incrementado

para la obtención de soluciones tan redundantes como se necesite. En la modalidad relativa, permite la obtención de precisiones muy altas.

b) Cinemático: En este caso se determinan las coordenadas del receptor según varía el tiempo y la situación de una antena que tenga desplazamientos superiores a la precisión del sistema utilizado. En este caso cada tripleta de coordenadas se obtiene a partir de una única muestra de datos, por lo que no hay redundancia.

Según el modo de obtención de resultados:

a) Tiempo real: Las coordenadas se obtienen en el mismo instante en que se realiza la observación.

b) Tiempo diferido: Las coordenadas se obtienen con posterioridad a la toma de datos, en el postproceso de los mismos.

Según el tipo de observable:

a) Medida de Fase: En este método el satélite genera una onda con una determinada frecuencia L1 ó L2 en un determinado instante y el receptor genera esa misma onda en el mismo instante. El receptor compara ambas ondas y mide la diferencia de fase entre ambas, así como la variación de ese desfase a lo largo del tiempo. Para la determinación de la distancia exacta falta únicamente conocer el valor inicial del número entero de longitudes de onda, también denominadas ambigüedades. Mediante este método se consiguen las mayores precisiones.

b) Medida por código: La distancia desde el receptor al satélite, se determina mediante una medición del tiempo de propagación del código C/A o del código P. Es decir, el satélite transmite un impulso, código, que contiene información adicional en el momento de la emisión. En el receptor se mide el momento de llegada del impulso y se lee la información contenida sobre el instante de emisión. La diferencia de tiempo multiplicada por la velocidad de propagación de la señal proporciona la



distancia, siempre que los relojes del receptor y el satélite estén adecuadamente sincronizados. La medida obtenida de esta forma se denomina “pseudo distancia”.

Según combinación de métodos, entre las distintas posibilidades cabe destacar:

- a) Estático absoluto: Se obtienen la posición en tiempo real y sólo se pueden usar pseudo distancias.
- b) Cinemático absoluto: Se obtienen la posición en tiempo real mediante medida de pseudodistancias o de fase.
- c) Estático relativo: Puede usarse tanto el sistema de pseudo distancias como la medida de fase, obteniéndose una gran precisión.

#### **5.1.6 Fuentes de error**

Al igual que cualquier observación de topografía clásica, una observación GPS está sometida a varias fuentes de error que se pueden minimizar o modelar según los equipos y la metodología de observación que se utilice. Un receptor GPS determina las distancias que existen entre su antena y las antenas de los satélites de los que recibe señal. Basándose en estas distancias y en el conocimiento de las posiciones de los satélites, el receptor puede calcular su posición. Sin embargo, diversos errores afectan a la medida de la distancia y por consiguiente se propagan al cálculo de la posición del receptor.

Las medidas de código y las medidas de fase se ven afectadas por errores sistemáticos y accidentales. La precisión en posicionamiento absoluto que un usuario puede alcanzar con un receptor GPS, depende principalmente de cómo sus sistemas hardware y software puedan manipular los diversos errores que afectan a la medición. Estos errores pueden ser clasificados en tres grandes grupos, atendiendo a la fuente de que produce el error:

Errores relativos al satélite: errores en el oscilador, S/A o disponibilidad selectiva, A/S o Anti spoofing y errores o variaciones en los parámetros orbitales.

Errores relativos a la propagación de la señal: refracción ionosférica, refracción troposférica, pérdidas de ciclos y multipath u ondas reflejadas.

Errores relativos al receptor: errores en el oscilador, errores en las coordenadas del punto de referencia, error en el estacionamiento, error en la manipulación del equipo, variación y desfase del centro de la antena.

Estos errores en algunos casos pueden modelarse, y en otros pueden eliminarse aplicando los algoritmos adecuados. El posicionamiento en modo diferencial o relativo los reduce en gran medida.

En las técnicas GPS se consideran dos contribuciones distintas al error esperable, como son el UERE y DOP.

UERE: User Equivalent Range Error. Supone que la fuente de error no está correlada con las demás fuentes de error y es la contribución al error en la medida de la distancia producida por una sola fuente de error.

DOP: Dilution Of Precisión. Es la contribución puramente geométrica a la incertidumbre de un posicionamiento. Éste es un parámetro adimensional, que describe la solidez de la figura formada por el receptor y los vectores que determina con los satélites que se encuentran en su horizonte de observación. Su valor inicial es 1 y aumenta conforme empeora la geometría, pudiendo establecer límites en sus valores a partir de los cuales se suspenden las observaciones por su mala geometría de observación. Estos parámetros se pueden clasificar como: GDOP (las tres coordenadas de posición y al estado del reloj), PDOP (las tres coordenadas de posición), HDOP (las coordenadas planimétricas), VDO (la altitud) y TDOP (al estado del reloj).

## 5.2 SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS

Un sistema de referencia geodésico es un recurso matemático, un conjunto de parámetros que permite fijar la posición y/o velocidad de un punto sobre la superficie terrestre o fuera de ella, estos parámetros fijan la geometría del elipsoide y su posición en el espacio con respecto al centro de la tierra. Son utilizados en geodesia, navegación, cartografía y sistemas globales de navegación por satélite para la correcta georreferenciación de elementos en la superficie terrestre.

Dentro de éstos cabe distinguir los llamados sistemas locales, que utilizan para su definición un elipsoide determinado y un punto datum, y los sistemas globales cuyos parámetros están dados por una terna rectangular ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) cuyo origen se encuentra en el geocentro terrestre. Para definir las coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura) cuentan con un elipsoide de revolución asociado.

Estos sistemas son necesarios dado que la tierra no es una esfera perfecta, es un geoide que se define como la superficie equipotencial que mejor se ajusta al nivel medio del mar, muy complicada matemáticamente con un número infinito de parámetros.

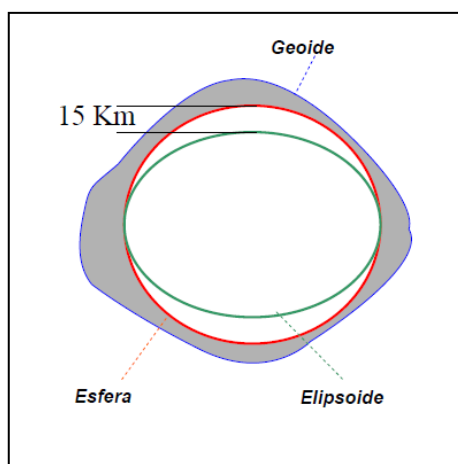


Figura 5.3 Esquema de la diferencia entre geoide, esfera y elipsoide

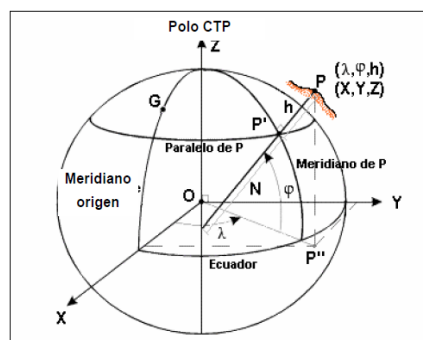


Figura 5.2 Esquema de un SGR con coordenadas cartesianas y geodésicas

El elipsoide de revolución es la figura que más se aproxima al geoide, con diferencias menores a 100 metros, mientras que con la aproximación esférica la diferencia puede llegar hasta los 15 kilómetros.

### 5.2.1 WGS 84

El sistema de referencia al que están referidas las coordenadas obtenidas mediante la tecnología GPS es el WGS84 (World Geodetic System 1984) que es un sistema de referencia global definido, materializado y difundido por la Agencia Norteamericana NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), antigua NIMA (National Imagery and Mapping Agency).

El elipsoide asociado a este sistema es el WGS84, cuya definición es:

- Semieje mayor:  $a = 6.378.137,0$  metros.
- Constante gravitacional geocéntrica:  $GM = 3986004,418 \times 10^8 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$
- Coeficiente Zonal Gravitacional de segundo grado normalizado:  
 $C_{2,0} = 484166774985 \times 10^{-3}$
- Velocidad angular de la Tierra:  $\omega = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$
- Constante derivada: inversa del aplanamiento:  $1/f = 298,257223563$

El sistema de coordenadas WGS84 es un sistema cartesiano centrado y fijo a la Tierra, definido por:

- Origen, centro de masas de la Tierra o geocentro.
- Eje Z, en la dirección del Polo Convencional Terrestre CIO (Conventional International Origin).
- Eje X, intersección del meridiano de Greenwich y el plano del ecuador medio.
- Eje Y, ortogonal a los anteriores.

Las alturas utilizadas por este sistema son alturas elipsoidales respecto al elipsoide WGS84.

### 5.2.2 ITRS

El IERS (International Earth Rotation Service) es el órgano encargado de definir, realizar y promover el International Terrestrial Reference System (ITRS) tal y como se definió en la resolución 2 de la IUGG en Viena en 1991.

ITRS es un sistema de referencia geodésico dentro del contexto de la teoría de la relatividad, válido para la Tierra y sus alrededores, con un nivel de precisión relativa de  $10^{-10}$ . Es un sistema de referencia geocéntrico y el centro de masas está definido por toda la Tierra incluyendo océanos y atmósfera. La unidad de longitud es el metro y esta escala es consistente con el TGC mediante las adecuadas modelizaciones relativistas. Su orientación fue proporcionada de forma inicial por el BIH (Bureau International de l'Heure) en la época 1984. Su evolución en el tiempo está garantizada mediante el uso de la condición de no rotación con respecto a cualquier movimiento tectónico sobre la superficie de la Tierra.

El Sistema Coordinado que utiliza el ITRS es un sistema ECEF (centrado en la Tierra-Ajustado en la Tierra), o sistema cartesiano centrado y fijo a la Tierra, cuyas características serán:

- Su origen será el centro de masas de la Tierra o Geocentro.
- El eje Z estará en la dirección del polo de referencia IERS, que se corresponde con la del polo terrestre convencional BIH en la época 1984,0.
- El eje X será la intersección del meridiano de referencia IERS, coincidente con el meridiano cero BIH en la época 1984,0, y del plano que pasando por el origen es perpendicular a Z.
- El eje Y completa un sistema ortogonal dextrógiro.

El elipsoide asociado a este sistema es el GRS80 que se define por:

- Semieje mayor:  $a = 6.378.137,0$  metros
- Constante gravitacional geocéntrica  $GM = 3.986.005 \times 10^8 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

- Coeficiente dinámico de forma:  $J_2 = 108.263 \times 10^{-8}$
- Velocidad angular de la Tierra:  $w = 7.292.115 \times 10^{-11}$  rad/s
- Inversa del aplanamiento:  $1/f = 298,2572221008827$

Las realizaciones de los ITRS las genera el “IERS ITRS Product Center” (ITRS-PC) bajo el nombre de Marcos de Referencia Internacionales (ITRF). El procedimiento consistente en combinar todas las soluciones individuales calculadas en los centros de análisis del IERS utilizando observaciones procedentes de geodesia espacial como SLR, VLBI, LLR, GPS y DORIS. Estas soluciones individuales contienen las posiciones y las velocidades de las estaciones junto con la matriz varianza-covarianza de la solución en formato SINEX (Solution, Software/Technique, Independent Exchange Format). El modelo que se utiliza en la combinación se basa principalmente en fórmulas de transformación de semejanza espacial de 7 parámetros y hace uso de los “local ties” o excentricidades entre los elementos activos de varias técnicas. Estas excentricidades se introducen en el cálculo como una observación más con sus varianzas.

El IERS comenzó a generar productos en 1984, el primero de ellos se denominó BTS84 y fue determinado mediante las coordenadas de las estaciones de sistemas como VLBI, LLR, SLR y Doppler/Transit. El sistema BTS84 ((Bureau International de l'Heure Terrestrial System 1984) fue realizado en el marco de las actividades del BIH como coordinador del proyecto internacional MERIT (Monitoring of Earth Rotation And nter-comparison of Techniques), al cual sucedieron otras realizaciones siendo la última la denominada BTS87 cuando en 1988 fue creado el IERS por la Asociación Internacional de Geodesia y Geofísica y la Unión Astronómica Internacional (IAU). La última solución mejora ampliamente la combinación de distintas soluciones procedentes de las distintas técnicas geodésicas empleadas.

### 5.2.3 ETRS89

Es el Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989 (European Terrestrial Reference System 1989). El elipsoide asociado es el GRS80, este elipsoide se diferencia del WGS84 en el sexto decimal del aplanamiento luego, a nivel práctico, se pueden obviar las diferencias entre ellos.

En 1987, la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), formó la subcomisión EUREF, para determinar un nuevo DATUM Europeo y un nuevo Marco que lo materializase. Se decidió que el Sistema de Referencia Terrestre coincidiera con el ITRS en la época 1989,0 fijado en la parte estable de la placa Euroasiática. Este datum geodésico espacial es consistente con los modernos sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS y el europeo GALILEO.

El European Terrestrial Frame (ETRF89) es el marco de referencia asociado por una serie de puntos (vértices geodésicos) con coordenadas en el sistema ETRS89. Estableciendo: una Red de Estaciones Permanentes GNSS (EUREF Permanent Network, EPN), una Red de Referencia Geodésica de alta precisión determinada a partir de varias campañas GNSS, una Red Vertical (UELN, Unified European Levelling Network/EVS, European Vertical System) y su integración en la Red de Referencia Vertical Europea GPS (EUVN).

Desde el 29 de agosto de 2007 un Real Decreto regula la adopción en España del sistema de referencia geodésico global ETRS89, sustituyendo al sistema geodésico de referencia regional ED50, oficial hasta entonces en el país y sobre el que actualmente se está compilando toda la cartografía oficial en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares, y el sistema REGCAN95 en el ámbito de las Islas Canarias, permitiendo una completa integración de la cartografía oficial española con los sistemas de navegación y la cartografía de otros países europeos. Así mismo, se propone un nuevo conjunto de coordenadas de las esquinas de hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50) y sus divisiones.



Mediante Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, se adopta el sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) como nuevo sistema de referencia geodésico oficial en España y se propone un nuevo conjunto de coordenadas para las esquinas de hojas del MTN50 y sus divisiones. Para adaptarse a la norma, se dispone de un periodo transitorio hasta el 2015 en el que podrán convivir los dos sistemas.

#### 5.2.4 REGENTE

La Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, quedó constituida por aproximadamente 1078 vértices en la Península y Baleares, uno por cada hoja del Mapa Topográfico Nacional, MTN, 1:50.000, lo que supone que exista una distancia media entre vértices de 20 a 25 Km.

En definitiva, la idea del Proyecto REGENTE surgió para alcanzar los siguientes objetivos:

- Materialización, observación y cálculo de coordenadas para toda España de una red geodésica básica tridimensional de Primer Orden, con precisión absoluta, fijada previamente para cada coordenada mejor o igual que 5 cm.
- Obtención de parámetros precisos de transformación entre el sistema de referencia de la Red Geodésica Nacional, ED50, y el de REGENTE el ETRS89.
- Facilitar datos válidos para la depuración del geoide español de precisión centimétrica.
- Dar apoyo al elevado número de usuarios de la técnica GNSS de modo que un punto cualquiera del territorio nacional se encuentre dentro de un círculo de radio máximo de 15 Km. con centro en un vértice REGENTE.

Como las altitudes que se consideran en el proyecto REGENTE son geodésicas, referidas al elipsoide WGS84, se impuso la condición de que al menos un 10 % de tales vértices estuviesen enlazados con la REDNAP, para así poder relacionarlas con las ortométricas.



*Figura 5.4 Distribución de los vértices REGENTE*

### 5.2.5 REDNAP

En la Península Ibérica se utiliza como sistema de referencia altimétrico o datum altimétrico el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA), definido por el mareógrafo de Alicante durante los años 1870 y 1872.

Actualmente en España es la Red de Nivelación de Alta Precisión la que materializa, mediante clavos de nivelación, las alturas ortométricas referidas al nivel medio del mar en Alicante. Esta red dota de sistema de altitudes al país.

La red de Nivelación de Alta Precisión, RNAP, es un conjunto de puntos perfectamente localizados y señalizados en el terreno, de los que se ha obtenido la tercera coordenada,  $H$ , a partir de nivelación geométrica de precisión y medida de la

gravedad, con una precisión de 0.8 a 1.5 mm\* K , siendo K la longitud de nivelación en kilómetros.

Además, mediante la aplicación de las técnicas GPS, a cada punto de la superficie de la Tierra se le puede calcular una altura elipsoidal,  $h$ , definida a partir del elipsoide tomado como referencia (GRS80) y una altura ortométrica,  $H$ , definida a partir de la cota geopotencial del punto.

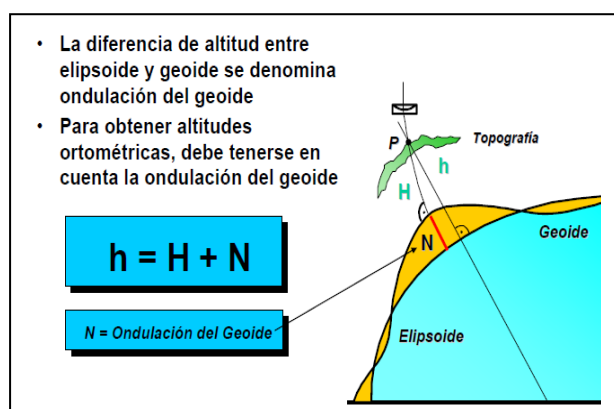


Figura 5.5 Alturas elipsoidales, ortométricas y ondulación del geoide

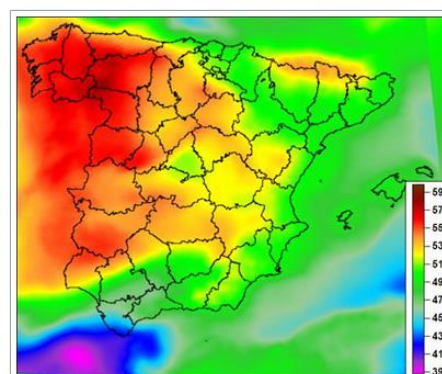


Figura 5.6 Modelo de geoide EGM08-REDNAP

El centro de observaciones geodésicas ha publicado a finales de 2009 el modelo de geoide EGM08-REDNAP, adaptando el modelo gravimétrico mundial Earth Gravitational Model 2008 (EGM08) al marco de referencia vertical dado por la red española de nivelación de alta precisión (REDNAP).

Las fuentes de datos que se han utilizado para la creación de una superficie de corrección a la ondulación gravimétrica han sido señales de REDNAP (con altitud ortométrica) en donde se ha determinado la altitud elipsoidal mediante GPS (casi 14.000 señales).

Las diferencias entre los valores observados y los calculados por el modelo generaron una superficie de corrección y adaptación a REDNAP del modelo original EGM2008 gravimétrico. Para la generación de la superficie de corrección se eligió el algoritmo de superficie de mínima curvatura.

### 5.3 PROYECCIÓN UTM

La Proyección Universal Transversa de Mercator es un desarrollo cilíndrico transverso conforme. Está expresada por una función analítica de variable compleja:

$$y + ix = f(\phi + i\lambda), \text{ donde } \lambda = \lambda - \lambda_0$$

Siendo  $\lambda_0$  la longitud del meridiano central del huso,  $\phi$  la latitud Isométrica correspondiente a la latitud geodésica  $\varphi$  e  $i = \sqrt{-1}$

Las propiedades de la proyección UTM son las siguientes:

- Es un desarrollo cilíndrico transverso, es decir, el cilindro es tangente a un meridiano de la superficie de referencia, siendo dicho meridiano el origen de longitudes. El meridiano central es automecoico (no tiene deformación lineal), siendo la única línea recta de la proyección, y es simétrica respecto del meridiano central o de origen.

- Es una proyección conforme, conserva los ángulos, por lo que el módulo de deformación angular,  $K_3$ , es igual a cero. El módulo de deformación lineal a lo largo de los meridianos es igual al módulo de deformación lineal a lo largo de los paralelos para que conserve los ángulos ( $K_1p = K_1m$  ó  $a = b$ ).

- Utiliza el artificio de Tissot para reducir las deformaciones lineales en los extremos del huso. Esto matemáticamente significa introducir un factor de reducción  $K_0 = 0,9996$  que no altera la naturaleza ni la conformidad de la proyección ( $K_1 = K_0 * K$ ). El artificio de Tissot consiste en que la superficie de proyección sea secante y no tangente a la superficie de referencia. Con ello habrá dos líneas automecoicas, de módulo de deformación  $K_1=1$ , en vez de una. La expresión de  $K_1$  es:

$$K_1 = K_0 \left[ 1 + \frac{1}{2N^2} (1 + \eta^2) \frac{1}{K_0^2} 10^{12} (x * 10^{-6})^2 + 0,00003 (x * 10^{-6})^4 \right]$$

La Tierra se divide en 60 husos de 6° de longitud, la zona de proyección de la UTM se define entre los paralelos 80° S y 84° N. Cada huso se numera con un número entre el 1 y el 60, estando el primer huso limitado entre las longitudes 180° y 174° W y centrado en el meridiano 177° W. Cada huso tiene asignado un meridiano central, que es donde se sitúa el origen de coordenadas, junto con el ecuador. Los husos se numeran en orden ascendente hacia el este. La Península Ibérica está situada en los husos 29, 30 y 31, y Canarias está situada en el huso 28.

Así mismo se divide la Tierra en 20 bandas de 8° Grados de Latitud, que se denominan con letras desde la C hasta la X excluyendo las letras "I" y "O", por su parecido con los números uno (1) y cero (0), respectivamente. Puesto que es un sistema norteamericano (estadounidense), tampoco se utiliza la letra "Ñ". La zona C coincide con el intervalo de latitudes que va desde 80° Sur (o -80° latitud) hasta 72° S (o -72° latitud). Las bandas polares no están consideradas en este sistema de referencia. Si una banda tiene una letra igual o mayor que la N, la banda está en el hemisferio Norte, mientras que está en el Sur si su letra es menor que la "N".

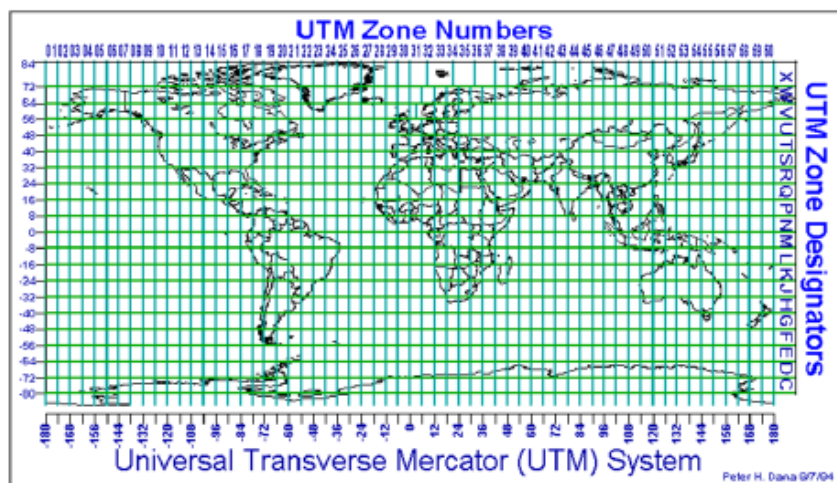


Figura 5.7 Distribución de los husos y bandas UTM

La proyección no es equivalente ni equidistante.

Para evitar coordenadas negativas se introduce un falso Este y un falso Norte, esto es: Si  $\phi > 0^\circ$  falso Este + 500 000 m.

Si  $\phi < 0^\circ$  falso Este + 500 000 m y falso Norte + 10 000 Km.

Las principales ventajas de esta proyección son:

- Es una proyección universal, válida para casi todo el globo terrestre.
- Es conforme, conserva los ángulos, puesto que es una función analítica de variable compleja y, por ello, cumple las condiciones de conformidad.
- Es simétrica respecto del meridiano central.

Los principales inconvenientes son:

- En países que ocupan varios husos hay que hacer transformaciones de unos husos a otros.
- No pueden representarse latitudes entre  $\pm 80^\circ$ , es decir, los casquetes polares, donde la deformación lineal es muy grande, para ello se utiliza otra proyección conforme, la proyección estereográfica polar.



---

## ***6 RED LOCAL***

## 6. RED LOCAL

### 6.1 DISEÑO

Una Red es un conjunto de puntos convenientemente materializados sobre el terreno, entre los que se han efectuado observaciones topográficas/geodésicas con la finalidad de obtener sus coordenadas respecto a un determinado sistema de referencia. En nuestro caso el sistema de referencia utilizado es el oficial en España desde 2007, es decir el sistema ETRS89, que permite la integración de la cartografía entre los diversos países europeos.

La red local dotará al yacimiento y sus inmediaciones del sistema de coordenadas oficial ETRS89 utilizando la proyección UTM huso 30 Norte y con alturas ortométricas referidas al nivel medio del mar en Alicante, mediante el uso del modelo de geoide EGM08-REDNAP, con la precisión adecuada tanto para el presente proyecto como para otros trabajos topográficos actuales y futuros que requieran los estudios arqueológicos. Se enlazará a una red de orden superior con un vértice REGENTE.

La escala cartográfica del levantamiento es de 1/500 debido a las necesidades métricas del proyecto y su extensión, lo que implica unas tolerancias a priori en función de ésta para evitar la representación de errores planimétricos en la cartografía. Estos errores deberán ser inferiores a 10 centímetros.

$$E_{max}=0,2\text{ mm}\cdot 500=0,10\text{ m}$$

$$E_T=\sqrt{E_{red}^2+E_{rad}^2}\leq 0,10\text{ m}$$

Dada la extensión del yacimiento de Los Yesares y sus inmediaciones, de unas 18 hectáreas en total, su ubicación en pleno campo sin edificaciones ni barreras artificiales y su orografía con un pequeño cerro a la orilla del arroyo, se opta por el uso de equipos GPS para la observación de la red, lo que asegura una alta precisión (5 - 10 mm + 1ppm).



Habiendo visitado el yacimiento, conociendo sus principales estructuras, la topografía del terreno y con el estudio de la cartografía previa, se diseñó una red que consta de un total de 9 puntos, más el vértice de enlace REGENTE “Cantueña”, que da cobertura a todo el yacimiento y sus inmediaciones.

Los vértices de la red se sitúan en lugares de interés como son los cuatro fortines; en sitios dominantes, cercanos a la zona de trabajo, con una distribución óptima en la geometría, y procurando la intervisibilidad entre los vértices de la red para posibles futuros trabajos mediante topografía clásica que a la hora de orientar la estación total se puedan observar al menos otros dos vértices.



*Figura 6.1 Red local sobre imagen de satélite.*

La materialización de los vértices de la red, se llevó a cabo con estacas de madera pintadas de color rosa fucsia llamativo y con clavos de acero en su parte superior, las observaciones estarán referidas a la cabeza del clavo.



*Figura 6.2 Vértice señalado con estaca de madera y clavo*



*Figura 6.3 Vértice REGENTE Cantueña*

El vértice 9007 se materializó sobre un pilar de granito situado en un lateral de la Cañada Real Galiana al suroeste del yacimiento.



*Figura 6.3 Vértice 9007*

## 6.2 MÉTODOS DE POSICIONAMIENTO E INSTRUMENTAL

En este proyecto se han utilizado métodos de posicionamiento relativo y diferencial, que se basan en calcular el vector de incremento de coordenadas entre dos receptores GPS.

El Método Estático Relativo por diferencia de fase, es el método clásico para la medida de distancias entre receptores o líneas base. Se trabaja como mínimo con dos receptores que se estacionan y observan durante un periodo de tiempo que depende de su distancia, de la bondad de la configuración de la constelación de satélites, de la redundancia y de la precisión necesaria. Este método se utiliza generalmente para medir líneas mayores de 20 kilómetros y su precisión en la medida de la distancia se estima en  $5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ , se elimina el error de los satélites y los receptores y se minimizan los retardos atmosféricos, además se han de recoger datos simultáneos de 4 o más satélites en ambos receptores. Este método necesita contar de antemano con un punto de coordenadas conocidas y con un postproceso en gabinete. Por medida de fase se obtienen los incrementos de coordenadas.

El método Estático Rápido, utilizado en la observación, se utiliza para la observación de distancias menores a 20 kilómetros y la precisión estándar es de  $5 \text{ a } 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ . Este método utiliza el algoritmo FARA (Fast Ambiguity Resolution Approach, desarrollado por Gerhard Beutler de la Universidad de Berna) para la resolución estadística de la ambigüedades, permitiendo la disminución de los tiempos de observación frente al método estático estándar, estimándose el tiempo necesario de 5 a 20 minutos. Es sólo utilizable con receptores bifrecuencia que hagan medida de fase tras la demodulación de la portadora por correlación con ambos códigos (C/A y P).

Longitud de línea Base	Nº de satélites	GDOP	Tiempo de observación	Precisión
0 - 5 km	$\geq 4$	$\leq 5$	5 a 10 min	$5 - 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
5 - 10 km	$\geq 4$	$\leq 5$	10 a 20 min	$5 - 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
10 - 20 km	$\geq 5$	$\leq 5$	$\geq 20 \text{ min}$	$5 - 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$

El instrumental utilizado para observar la red por técnicas GNSS, consistió en tres equipos Leica GPS System 500 capaces de ofrecer una precisión nominal, en posicionamiento estático relativo de 5mm + 1ppm y en rápido de 5 - 10mm + 1ppm.

El equipo **Leica GPS System 500** está formado por los siguientes componentes:

- Antena AT502 de doble frecuencia L1/L2 y plano de tierra.
- Receptor SR530 bifrecuencia con 12 canales en L1, código C/A y fase y otros 12 en L2 con código P y fase; al que se conecta la tarjeta de memoria PCMCIA.
- Terminal TR500 que ofrece una interfaz completa para el usuario.
- Baterías y cables.



*Figura 6.4 GPS Leica 500*

Para realizar todas las observaciones necesarias, además del instrumental descrito, se ha utilizado material auxiliar como trípodes, bases nivelantes con soporte, basadas, flexómetro, cinta métrica, maza, pintura, estacas y clavos.



*Figura 6.5 GPS estacionado sobre trípode*



### 6.3 OBSERVACIÓN

La planificación de la observación se llevó a cabo con el fin de optimizar los desplazamientos y los tiempos, teniendo en cuenta:

- Número de receptores disponibles.
- Número de vértices.
- Número de operadores.
- Tiempos de observación y metodología.
- El acceso y desplazamiento entre vértices.



*Figura 6.6 Observación de la red local*

Se disponía de 3 equipos Leica GPS 500 y 2 operadores para observar los 9 vértices de la red local y el vértice REGENTE de Cantueña situado a 7,5 km de distancia, con la premisa de estacionar y observar cada vértice al menos 2 veces con diferentes equipos.

Como se ha indicado el método de trabajo fue el estático rápido, registrando observaciones estáticas en las ondas L1 y L2 de forma simultánea en los 3 receptores GPS durante el tiempo suficiente en función de la distancia entre observaciones.

La configuración de los equipos GPS tenía intervalos de registro de 10 segundos, iguales en los 3 receptores, y máscara de elevación en  $15^\circ$  para evitar satélites con baja elevación y el efecto multitrayectoria. El parámetro GDOP debe ser menor de 5, que refleja la calidad de las mediciones por la geometría de los satélites siendo 1 el valor ideal.

Se tuvo un especial cuidado en el estacionamiento y la medición de la altura de la antena mediante el dispositivo medidor de alturas vertical, en aquellos equipos que disponían de él, y con flexómetro en los otros y en el vértice REGENTE. Se realizaron anotaciones de las observaciones, mediante una ficha de observación con nº del vértice, nº del GPS, altura de antena y hora de inicio y fin de la observación.

El itinerario planificado fue el siguiente:

Sesiones	Receptores y vértices			Tiempos
	A	B	C	
1	Cantu	9001	9004	30''
2	Cantu	9009	9001	30''
3	9001	9002	9005	15''
4	9002	9003	9006	15''
5	9003	9004	9007	15''
6	9005	9006	9008	15''
7	9007	9008	9009	15''

El desarrollo de la observación consistió en estacionar primero en el vértice 58234-Cantueña situado a unos 7,5 km del yacimiento para enlazar REGENTE con la red local; y luego en los vértices 9001 y 9004 durante al menos 30 minutos de forma simultánea a contar desde la última puesta en estación; una vez acabadas estas observaciones, a continuación se desplazaron los receptores de la red local al 9009 y al 9001 respectivamente y estuvieron al menos otros 30 minutos con observaciones simultaneas con el receptor en Cantueña para asegurar la correcta resolución de ambigüedades, teniendo en cuenta la distancia de las líneas base a resolver. De esta forma, y tras el cálculo posterior adecuado, es posible calcular las coordenadas de los vértices mediante incrementos respecto a las coordenadas del vértice Cantueña siendo por tanto un posicionamiento estático relativo post-proceso. Con este trabajo se finaliza el enlace a REGENTE y las 2 primeras sesiones de observación.

En las siguientes 5 sesiones se redujo el tiempo de observación simultáneo a al menos 15 minutos a contar desde la última puesta en estación de los equipos GPS al tener mucha menor distancia las líneas base. Como se puede observar en la tabla todos los vértices fueron observados al menos 2 veces con distintos equipos a excepción del vértice REGENTE Cantueña que estuvo en observación continua las 2 primeras sesiones con un único equipo.

## 6.4 CÁLCULO Y AJUSTE

Las observaciones realizadas quedan registradas en las tarjetas de memoria extraíble de los receptores. Una vez completada la observación y ya en gabinete se ha procedido al volcado de los datos obtenidos, mediante un módulo lector adecuado de dichos módulos de memoria. De esta forma ya se dispone de las observaciones realizadas en formato digital. A continuación es necesario realizar el correspondiente proceso de cálculo.

Se ha utilizado el software de la casa Leica Geo-office, para procesar las observaciones obtenidas, y realizar el cálculo de la red.

En primer lugar se crea un nuevo proyecto y se importan como datos brutos las observaciones realizadas, seleccionando el tipo de receptor usado (GPS Leica 500) y las antenas asignadas (AT502), comprobando que todo sea correcto como los nombres de las estaciones, las alturas de antena, simultaneidad de observaciones, etc.

Las coordenadas observadas por técnicas GPS están en WGS84 para cubrir las necesidades del presente proyecto cambiamos el Sistema de Referencia Geodésico al ETRS89 con el elipsoide GRS80 y para su representación en cartografía usaremos la proyección UTM huso 30 Norte, en cuanto a la altimetría se requerían alturas ortométricas relativas al nivel medio del mar de Alicante que se obtienen a través del modelo de geoide EGM08-REDNAP del IGN.

Para el cálculo de coordenadas como el método usado para la observación es relativo por diferencia de fase hay que fijar un punto del cual conozcamos coordenadas y de esta manera se arrastran sus coordenadas al resto de puntos a través de los incrementos calculados por la observación. Este punto es el vértice REGENTE Cantueña del que conocemos sus coordenadas a través del IGN y nos sirve de enlace entre los sistemas de referencia WGS84 y el ETRS89.

El cálculo de la red se lleva a cabo con las observaciones en el vértice Cantueña seleccionadas como referencia fija y las observaciones de los vértices 9001, 9004 y 9009 como móviles, realizadas en las dos primeras sesiones, mediante el comando procesar se obtienen las líneas base entre los puntos, se comprueba su bondad, la resolución correcta de ambigüedades y se guardan.

Seguimos el mismo proceso con el resto de sesiones, seleccionamos una estación como referencia fija (Rojo) y las otras dos como móvil (Verde); procesamos, comprobamos y guardamos todas las líneas base. Como el tiempo de solape u observación simultánea es suficiente para la resolución de ambigüedades, utilizamos diferentes configuraciones en cada sesión (Referencia y móvil) y por tanto se obtienen varias soluciones para el cálculo de la red.

En la siguiente imagen se pueden ver las estaciones de referencia en color rojo y las rover en verde en el cálculo de coordenadas de la red del programa Leica Geo Office.

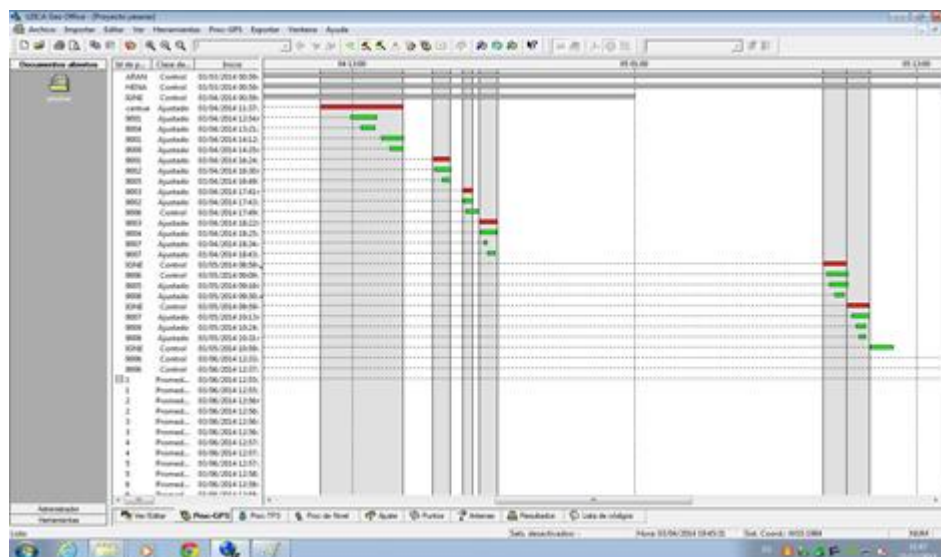


Figura 6.5 Cálculo de coordenadas con el software Leica Geo Office



El siguiente paso, es realizar el ajuste de la red mediante mínimos cuadrados. Para ello utilizamos la pestaña de ajuste, y mediante el comando “cálculo” se procesan los datos, de forma que finalmente se obtendrá una única tripleta de coordenadas para cada estación, así como la precisión obtenida en dicha determinación.

Los resultados del ajuste de la red local en coordenadas geodésicas WGS84 son los siguientes:

Valor crítico de Prueba W:	1.96	
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones):	2.42	
Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones):	1.89	
Valor crítico de prueba F:	1.01	
Prueba F:	0.62	✓ (aceptado)

Resultados basados en el factor de varianza a posteriori

---

### Resultados del ajuste

---

Coordenadas					
Estación		Coordenada	Corr	Prec (95%)	
9001	Latitud	40° 16' 47.44545" N	-0.0008 m	0.0072 m	
	Longitud	3° 40' 14.54619" W	-0.0028 m	0.0056 m	
	Altura	637.8358 m	-0.0097 m	0.0146 m	
9002	Latitud	40° 16' 49.04647" N	0.0012 m	0.0087 m	
	Longitud	3° 40' 10.16301" W	-0.0030 m	0.0066 m	
	Altura	637.0158 m	0.0059 m	0.0173 m	
9003	Latitud	40° 16' 44.72932" N	0.0043 m	0.0094 m	
	Longitud	3° 40' 09.99001" W	-0.0016 m	0.0069 m	
	Altura	642.4157 m	0.0242 m	0.0179 m	
9004	Latitud	40° 16' 41.35287" N	0.0030 m	0.0096 m	
	Longitud	3° 40' 08.52943" W	0.0009 m	0.0072 m	
	Altura	644.0260 m	0.0203 m	0.0184 m	
9005	Latitud	40° 16' 40.45317" N	-0.0099 m	0.0138 m	
	Longitud	3° 40' 14.71099" W	-0.0088 m	0.0101 m	
	Altura	640.8144 m	-0.0676 m	0.0264 m	
9006	Latitud	40° 16' 43.26174" N	-0.0144 m	0.0154 m	
	Longitud	3° 40' 16.03436" W	-0.0065 m	0.0112 m	
	Altura	642.0368 m	-0.0952 m	0.0305 m	
9007	Latitud	40° 16' 38.90172" N	0.0007 m	0.0099 m	
	Longitud	3° 40' 18.90015" W	0.0079 m	0.0074 m	
	Altura	630.0753 m	0.0185 m	0.0187 m	
9008	Latitud	40° 16' 41.38774" N	-0.0119 m	0.0163 m	
	Longitud	3° 40' 27.09919" W	-0.0161 m	0.0119 m	
	Altura	634.1657 m	-0.0806 m	0.0331 m	
9009	Latitud	40° 16' 49.36950" N	0.0009 m	0.0098 m	
	Longitud	3° 40' 21.82035" W	0.0056 m	0.0074 m	
	Altura	631.8581 m	0.0124 m	0.0189 m	
cantue	Latitud	40° 14' 49.70109" N	0.0000 m	-	fijo
	Longitud	3° 45' 01.21581" W	0.0000 m	-	fijo
	Altura	736.6900 m	0.0000 m	-	fijo

El informe completo del ajuste se incluye en el Anexo II.

El ajuste libre se realiza por mínimos cuadrados, con ello se consigue una red de precisión homogénea, pero se debe de tener cuidado en que no exista ninguna observación con errores groseros.

Podemos observar como la precisión obtenida en el cálculo está por debajo de la tolerancia establecida a priori para el trabajo, ya que en planimetría la precisión de los puntos se sitúa en torno al centímetro, mientras que en altimetría en torno a los dos centímetros.

Las coordenadas ETRS89 de la red local en proyección UTM h30 N y alturas ortométricas son:

Estación	X	Y	H Elips	H Ortom	Ondu	Q Po+H
9001	442982.7755	4459033.8932	637.8687	586.7353	51.1334	0.0186
9002	443086.6537	4459082.4740	637.0487	585.9164	51.1323	0.0195
9003	443089.7334	4458949.3347	642.4487	591.3153	51.1334	0.0198
9004	443123.4384	4458844.9701	644.0587	592.9247	51.1340	0.0199
9005	442977.2520	4458818.3333	640.8472	589.7121	51.1351	0.0232
9006	442946.6565	4458905.1650	642.0695	590.9349	51.1346	0.0249
9007	442877.9628	4458771.2478	630.1081	578.9720	51.1362	0.0201
9008	442684.9253	4458849.3684	634.1985	583.0617	51.1368	0.0261
9009	442811.4522	4459094.5185	631.8910	580.7570	51.1340	0.0201

Con esto la red local está completamente calculada e implantada, para su uso en el levantamiento del yacimiento, su posterior cartografía y para otros proyectos topográficos actuales y futuros que el equipo arqueológico necesite.



---

## ***7 LEVANTAMIENTO***

## 7. LEVANTAMIENTO

### 7.1 PLANIFICACIÓN

Una vez calculadas las coordenadas de los vértices de la red local, el siguiente paso consiste en realizar el levantamiento topográfico de la zona, es decir, la obtención de los datos necesarios para realizar la cartografía.

El objetivo principal del levantamiento es la captura de coordenadas de los elementos y estructuras arqueológicas del yacimiento de la Guerra Civil para una cartografía a escala 1/500 que se realizará mediante técnicas GPS, con la metodología RTK (Real Time Kinematic).

La precisión del levantamiento, vendrá impuesta por la escala 1/500, ya que considerando como límite de percepción visual 0.2 mm, solamente tendrán representación a escala en la cartografía, elementos cuyas magnitudes superen los 0.10 m en la realidad. Para lo cual, y debido a las características del levantamiento, establecemos como incertidumbre máxima en planimetría 10 cm.

Para llegar a obtener esta precisión en la determinación de los puntos medidos, se debe tener en cuenta la concatenación de los errores producidos, siendo en este caso la unión del error en la determinación de la red, y el error producido en la propia radiación de los puntos. De esta forma el error máximo en radiación será.

$$E_{max}=0,2 \text{ mm} \cdot 500=0,10 \text{ m} \quad E_T=\sqrt{E_{red}^2+E_{rad}^2} \leq 0,10 \text{ m} \quad E_{rad}=\sqrt{E_T^2-E_{red}^2}$$

$$E_{Mrad} \leq \sqrt{0,10^2 - 0,02^2} \leq 0,09 \text{ m}$$

Lo que nos da un margen de error más que suficiente para el levantamiento.

La extensión del área a levantar consistió en el yacimiento arqueológico en sí, de unas 10 hectáreas y de sus inmediaciones, formando un conjunto cartográfico de 18 hectáreas.

El yacimiento arqueológico Los Yesares está situado en una pequeña elevación cerrosa yesífera, los elementos y estructuras arqueológicas a levantar son tales como sus 4 fortines, los numerosos entramados de trincheras, 3 zanjás antitanque, los abrigos en los cuales descansaban los soldados y una pequeña cueva excavada en una ladera.

De las inmediaciones del yacimiento los principales elementos a levantar son la Cañada Real Galiana, el arroyo Culebro y las parcelas de cultivo; que dan un contexto geográfico de la situación del enclave.

Para obtener el modelo cartográfico, es importante tomar datos que permitan la descripción del terreno como las líneas estructurales y puntos de relleno.

Los puntos de relleno son aquellos que definen la topografía del terreno, la densidad de estos puntos dependerá del relieve y de los detalles planimétricos.

Las líneas de ruptura describen cambios en la pendiente del terreno y no pueden ser descritos mediante puntos de relleno, como taludes, vaguadas, divisorias, trincheras, zanjás, abrigos, etc.

Es importante señalar que la elección de los puntos para formar el modelo se debe realizar con cuidado, y que el punto elegido ha de ser el más representativo de los que le rodean, sólo así el modelo será una fiel representación del terreno que se trata de cartografiar. Al fin y al cabo, desde un punto de vista estadístico, se está extrayendo una muestra (puntos para formar el modelo) de una población infinita (los puntos que forman el terreno). Que la muestra sea representativa de la población de la que procede será responsabilidad del observador.

Dada la extensión de la zona a levantar, se decide dividirla en 9 áreas diferenciadas de menor extensión, con el fin de completarlas de forma completa y pormenorizada, tratando de no dejar “calvas” ni elementos arqueológicos sin observar.



*Figura 7.1 División del levantamiento en áreas más pequeñas*

Como se puede observar en la fotografía estas áreas van desde la “A” a la “I”, los elementos y estructuras arqueológicas se encuentran en las zonas A, F, G y H.

Durante el levantamiento se observarán también puntos de apoyo para un vuelo fotogramétrico con dron, distribuidos geométricamente a lo largo del yacimiento en forma de dianas.

## 7.2 INSTRUMENTAL

El instrumental utilizado para realizar el levantamiento en RTK, consistió en los equipos Leica GPS System 500 y Leica GPS System 1200 de similares prestaciones y compatibles entre sí, capaces de ofrecer una precisión en RTK de 20 mm + 1 ppm.

**Leica GPS System 1200** formado por los siguientes componentes:

- Antena AX1202 SmartTrack de doble frecuencia L1/L2 y plano de tierra.
- Receptor GX1230 bifrecuencia 12 L1 y 12 L2, fase, código C/A y P, tarjeta de memoria CompactFlash.
- Antena de radio y un radio modem.
- Terminal 1200 con interfaz táctil.
- Baterías y cables.
- Bastón GPS y mochila.



*Figura 7.2 GPS Leica 1200*

**Leica GPS System 500** formado por los siguientes componentes:

- Antena AT502 de doble frecuencia L1/L2 y plano de tierra.
- Receptor SR530 bifrecuencia con 12 canales en L1, código C/A y fase y otros 12 en L2 con código P y fase; al que se conecta la tarjeta de memoria PCMCIA.
- Antena de radio y un radio modem.
- Terminal TR500 que ofrece una interfaz completa para el usuario.
- Baterías y cables.
- Bastón GPS y mochila.



*Figura 7.3 GPS Leica 500*

### 7.3 METODOLOGÍA

El levantamiento con GPS en modo RTK (Real Time Kinematic), consiste en la obtención de coordenadas de puntos en tiempo real, ya sea en el sistema de referencia propio del GPS, es decir, WGS84 o en un sistema local determinado, definidos los parámetros de transformación previamente en el receptor.

Los trabajos de GPS en tiempo real no son una forma de posicionamiento, sino una manera de calcular las líneas-base que se originan en posicionamientos diferenciales.

La metodología RTK es un proceso en el que los datos de código y fase recibidos en la señal GPS desde un receptor de referencia fija, situado en un lugar de coordenadas conocidas, se transmiten hasta un receptor móvil a través de los enlaces establecidos mediante un radio-módem. Para trabajar con este método es necesaria una inicialización del equipo que supone el cálculo de todos los parámetros de la línea base que une el móvil y la referencia, conservando los valores de las ambigüedades, lo que permite reducir el número de incógnitas a 3 (X, Y, Z) del equipo móvil.

El uso de esta tecnología compensa en parte los efectos del retraso atmosférico, los errores orbitales y otros aspectos de la geometría de los satélites, además de mejorar la precisión en el posicionamiento.

El receptor fijo se estaciona sobre una base de la red del proyecto y recibe los datos de los satélites. A su vez, los receptores móviles también reciben datos de los satélites directamente desde su propia antena. Estos dos conjuntos de datos (los que recibe del receptor fijo y los que le llegan a él) se procesan conjuntamente en el móvil para resolver las ambigüedades y obtener una posición muy precisa en relación con el receptor de referencia.



La metodología RTK permite calcular las coordenadas y mostrarlas en tiempo real mientras se realiza el levantamiento. Sin embargo, es necesario un radio enlace entre la estación fija y la móvil, que es propenso a recibir interferencias de otras fuentes de radio, así como obstáculos a la emisión. Se deberá tomar la precaución de que no existan obstáculos para la señal como árboles o edificios. En caso de perderse el enlace entre ambos aparatos, es necesario esperar hasta que el mismo se reestablezca.

La elección de esta metodología se ve fundamentada en la mayor rapidez en la fase de toma de datos, menor cálculo posterior y obtención de buenas precisiones frente a otras técnicas.

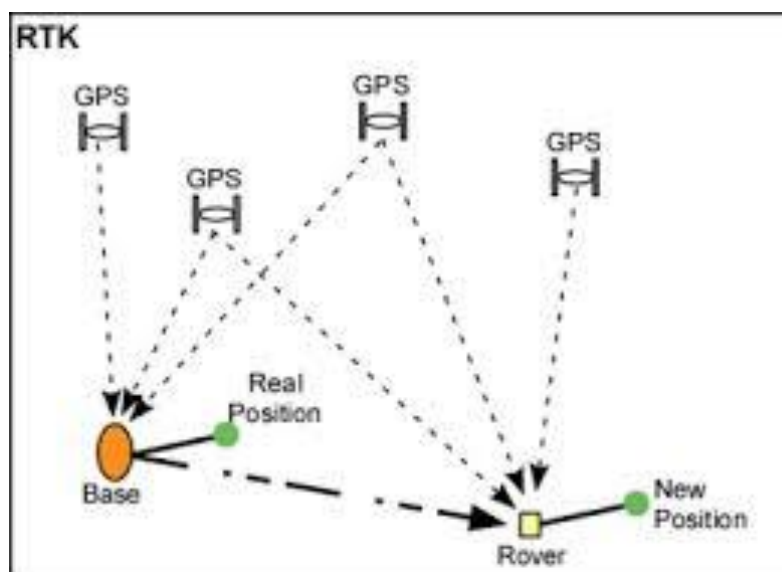


Figura 7.4 Esquema del método RTK

## 7.4 OBSERVACIÓN

Lo primero es configurar los equipos de referencia y los móviles, se formatean las memorias y se crea el proyecto “yesares”. Se editan las configuraciones en tiempo real en todos los GPS como la máscara de elevación a 15°, duración de las épocas 5 segundos, tipos de datos Leica, puertos, canales y los códigos a utilizar para el levantamiento.

Luego se realiza el estacionamiento de la referencia en un vértice de la red sobre trípode. Durante el levantamiento se utilizó como referencia los vértices 9003 y 9006. Se inició automáticamente la configuración establecida con anterioridad para ahorrar tiempo y se calculó un posicionamiento de punto simple, para que la referencia disponga de coordenadas aproximadas. La configuración es referencia en tiempo real, se introduce el nombre de la estación y la altura y se vigila el parámetro GDOP.

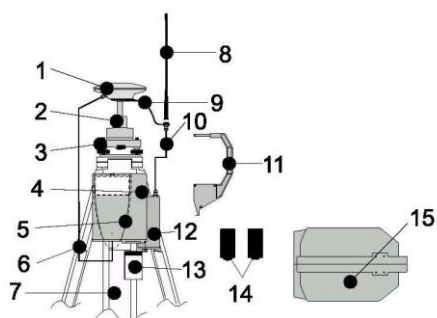


Figura 7.5 Montaje GPS referencia

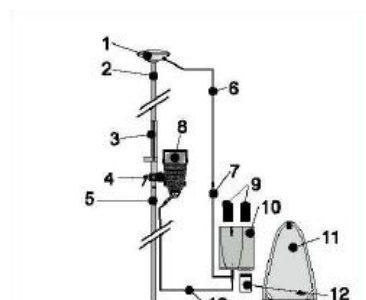


Figura 7.6 Montaje GPS móvil

Se realiza el montaje de los equipos móviles sobre bastón y mochila. Se inició la configuración ya establecida móvil en tiempo real, que está en concordancia con la configuración de la estación de referencia. Una vez calculado el single point aparece el siguiente mensaje: “posición de la referencia calculada”, y automáticamente permite comenzar a levantar puntos, ya que se fijan ambigüedades. En el equipo móvil se establece que la calidad de las coordenadas sea inferior a los 2 cm. En la controladora se puede comprobar la comunicación entre el receptor móvil y el receptor de referencia mediante una cierta simbología. El equipo de referencia transmite observaciones al móvil, pero éste no transmite información a la referencia.

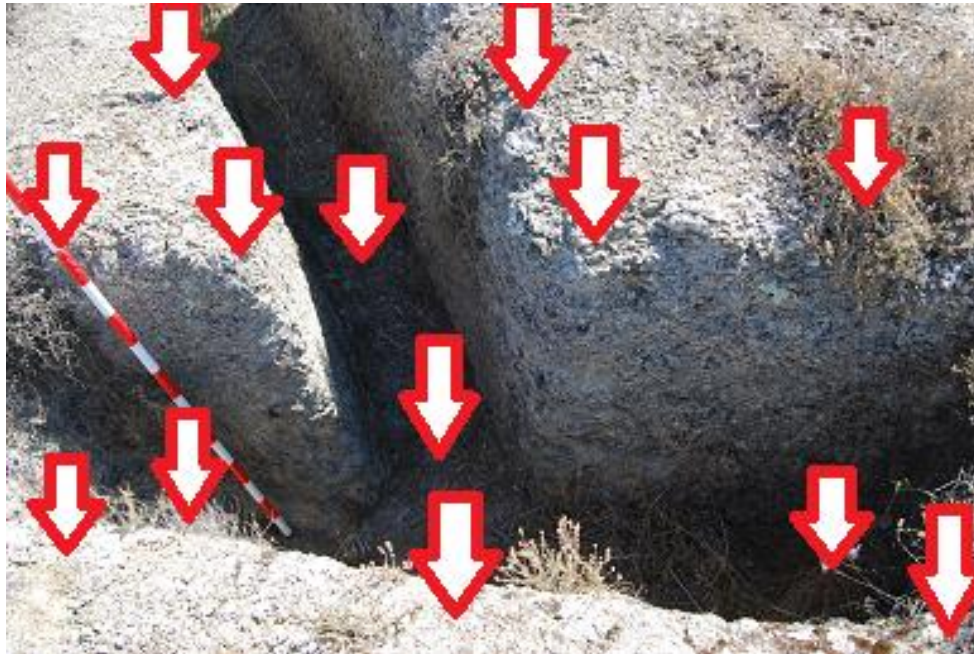


Se utilizaron entre 3 y 5 equipos GPS para el levantamiento, 1 como referencia y los otros como móviles, dependiendo del día de trabajo, ya que el primer día de levantamiento se contó con la colaboración de alumnos de la universidad que realizaban un curso con Mercedes Farjas.

Ya configurados los receptores GPS, comprobado que existe intercomunicación y las ambigüedades están fijadas, se comienza el levantamiento. Se introduce el número de punto desde el que se comienza y la altura de la antena, que será, en este caso 2 m (altura del bastón). Durante el levantamiento es posible que se pierda la posición. En este caso el receptor móvil, debe volver a fijar ambigüedades. La pérdida de posición puede deberse a varios motivos: comunicación defectuosa entre los radio-módems, pérdidas de ciclo, GDOP muy alto o cuando existe proximidad a masas de árboles o tendidos eléctricos. Cuando pierde la posición en los puntos a levantar se supera la calidad de 2 cm y el receptor móvil no deja grabar el punto. Cuando consigue la calidad requerida  $< 2$  cm, permite grabar los datos.

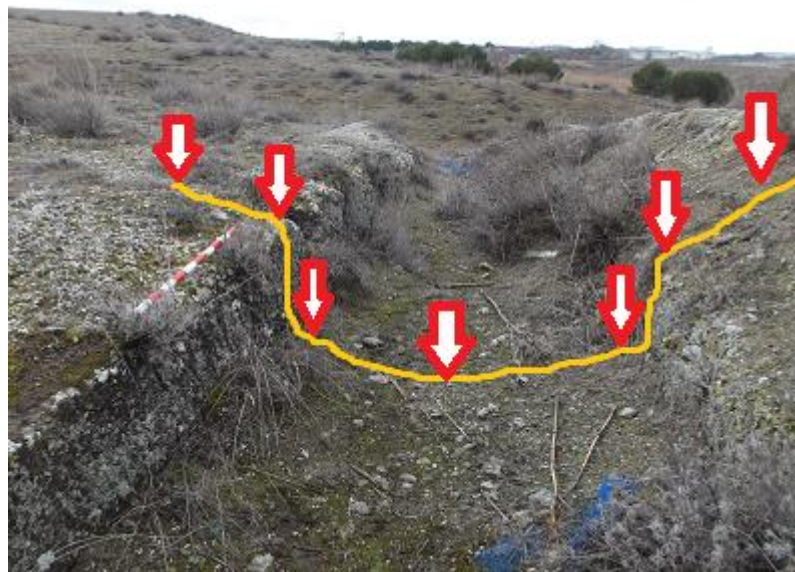
Para la correcta identificación de los puntos, se utilizaron diferentes códigos en la controladora del equipo GPS, se realizaron notas y croquis en cada una de las 9 zonas tanto en un cuaderno como en imágenes aéreas impresas para el correcto desarrollo del levantamiento.

La observación de elementos como las trincheras, pozos de tirador, zanjas y abrigos, se llevó a cabo con especial cuidado y detalle, ya que estas estructuras contienen líneas de ruptura con bruscos cambios de pendiente, llegando a ser verticales. La ayuda de los arqueólogos durante el levantamiento fue fundamental a la hora de localizar y observar todos estos elementos.



*Figura 7.7 Pozo de tirador*

Estos elementos se observaban mediante secciones verticales del terreno, tomando los puntos que puedan representarlos de forma fiel a la realidad.



*Figura 7.8 Zanja anti tanque*

## 7.5 RESULTADOS

El uso de GPS en modo RTK permite un mayor rendimiento y rapidez, tanto por la precisión del método como por el hecho de poder utilizar varios receptores móviles, reduce el trabajo de cálculo en gabinete ya que las líneas base y por tanto las coordenadas de los puntos se almacenaron en tiempo real durante el levantamiento.

Una vez finalizado el levantamiento, se procedió al volcado de datos en un ordenador para su tratamiento con el software Leica Geo Office.

Las coordenadas de las bases durante el levantamiento, no eran las calculadas previamente en el ajuste de la red, sino que fueron observadas en el levantamiento mediante posicionamiento absoluto de punto simple, ya en gabinete se introducen las verdaderas coordenadas del ajuste de la red en las referencias del levantamiento, provocando la traslación de los puntos con las coordenadas definitivas en el sistema de referencia ETRS89 proyección UTM huso 30 Norte con alturas ortométricas.

Se observaron en total más de 8000 puntos, se revisan los datos por si hubiera observaciones erróneas.

La precisión planimétrica obtenida fue de 4,4 centímetros, por lo que no habrá representación de errores en la cartografía a escala 1/500.

$$E_T = \sqrt{E_{red}^2 + E_{rad}^2} \leq 0,10 \text{ m} \quad E_T = \sqrt{0,02^2 + 0,04^2} = 0,044 \text{ m}$$

En cuanto a la precisión altimétrica, sabiendo que normalmente su tolerancia es 1/4 o 1/5 de la equidistancia entre curvas de nivel, siendo éstas cada metro. Tenemos como tolerancia 20 cm y de precisión final 5cm.

$$E_T = \sqrt{E_{red}^2 + E_{rad}^2} \leq 0,20 \text{ m} \quad E_T = \sqrt{0,03^2 + 0,04^2} = 0,05 \text{ m}$$

El resultado del levantamiento fue la siguiente nube de puntos.



*Figura 7.7 Nube de puntos*

Los elementos arqueológicos observados y sus características geométricas han sido tales como:

- Los 4 fortines: Largo (4 - 4.3 m), ancho (2.7 – 3 m), alto (1.4 - 1.6 m).
- Las trincheras: longitud 1118 m, ancho (0.3 - 2.2 m), profundidad (0.1 – 1 m).
- Las 3 zanjas: Largo (32.2 - 136.6 m), ancho (1.5 - 5.5 m), profundidad (0.1 - 1.6 m).
- Pozos de tirador: Más de 50, con aproximadamente 2 m del largo, 0.8 m de ancho y 0.6 m de profundidad.
- Los abrigos: Más de 15, con superficies entre (9 - 26  $m^2$ ) y profundidades entre (0.4 - 1.5 m).



---

## ***8 CARTOGRAFÍA***



## 8. CARTOGRAFÍA

### 8.1 INTRODUCCIÓN

La cartografía del yacimiento arqueológico Los Yesares, está basada en las necesidades del equipo arqueológico:

- Sistema de referencia oficial.
- Proyección oficial.
- Escala adecuada para el estudio y difusión.
- Georreferenciación de todos los elementos arqueológicos y una adecuada representación lo más precisa posible.

Con estas premisas, se diseñó y realizó la cartografía en el sistema de referencia oficial de España el ETRS89 en la proyección UTM huso 30 Norte con alturas ortométricas referidas al nivel medio del mar de Alicante, a escala 1/500.

La captura de datos se obtuvo mediante técnicas GPS en tiempo real (RTK) durante el levantamiento, alcanzando una precisión final de 0,044 m en planimetría y de 0,05 m en altimetría, que aseguran una correcta representación cartográfica.

Se genera una nube de puntos con más de 8000 observaciones, que es el punto de partida de la edición cartográfica. Estos puntos se clasificaron como:

- Puntos de relleno.
- Estructuras arqueológicas excavadas: trincheras, pozos de tirador, zanjas, abrigos y la cueva.
- Fortines.
- Líneas de ruptura clásicas: vaguadas, divisorias y taludes.
- Límites naturales y artificiales: arroyo/humedal, cañadas, parcelas, etc.
- Puntos singulares: árboles, torre eléctrica, pozos de registro, etc.



## 8.2 MDT

El MDT o modelo digital de terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, una función del tipo  $Z = f(X, Y)$  siendo la coordenada  $Z$  función directa de las coordenadas  $X$  e  $Y$ . Los MDT constituyen una representación simplificada de la realidad que permiten un tratamiento numérico de los datos y la simulación de procesos. Estos modelos pueden ser de dos tipos: de malla regular o de triángulos irregulares, también llamados TIN, (Triangulate Irregular Network).

El tipo de MDT usado en el presente proyecto fue el TIN, su estructura de datos se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve. Se trata de una estructura en la que el terreno queda representado por el conjunto de superficies planas que se ajustan a un conjunto previo de puntos.

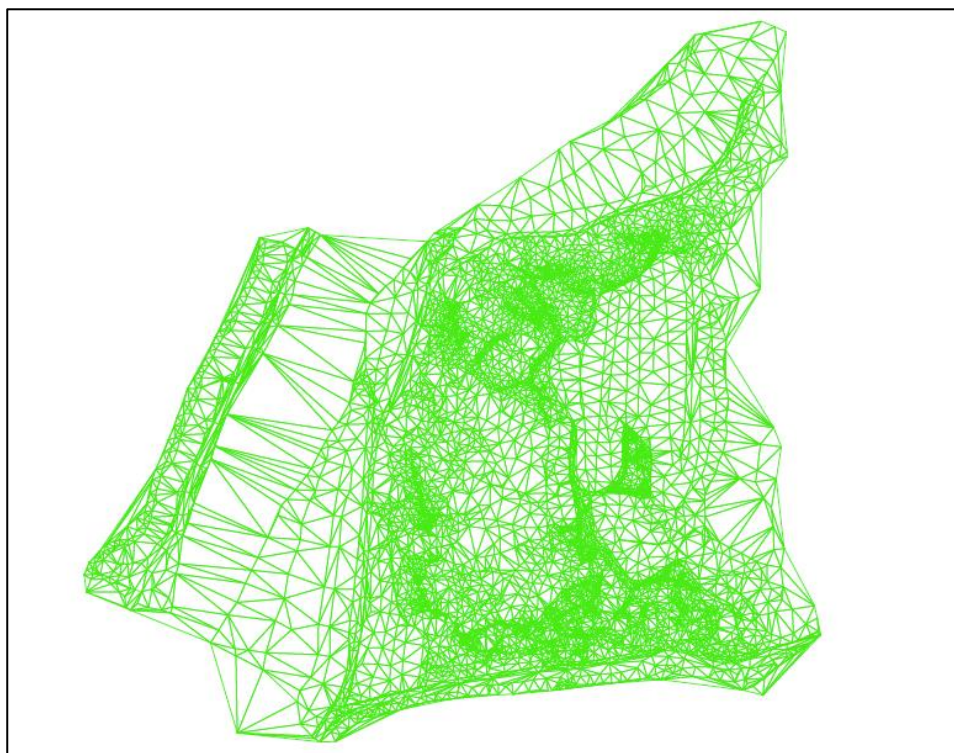
La elección del modelo TIN frente al de malla regular se debe a las siguientes ventajas:

- No presupone ni exige la continuidad estadística de la superficie a representar.
- Puede generarse incorporando una amplia variedad de estructuras auxiliares, especialmente las líneas estructurales y de inflexión, que son incorporadas al modelo como lados de triángulos.
- Se adapta a la complejidad local del terreno, creando redes localmente más densas en función de la complejidad del relieve.
- Respeto los valores de los datos, que son usados como vértices y mantiene su altitud exacta.

Para realizar el modelo digital del terreno se exportó la nube de puntos desde el programa Leica Geo Office a un archivo ASCII, en el que figura el nombre del punto, las coordenadas planimétricas X e Y en el sistema de referencia oficial ETRS89 y proyección UTM huso 30N y la altura ortométrica H referida al nivel medio del mar de Alicante.

Se importó el fichero archivo ASCII con la nube de puntos al software de diseño y cálculo topográfico TopoCal, desde el cual se va a calcular el MDT.

Una vez importada la nube de puntos se identifican y dibujan los elementos estructurales del terreno y las líneas de ruptura tales como las trincheras, los pozos de tirador, las zanjas, los abrigos, los fortines, los caminos, las vaguadas, las divisorias y los taludes; que junto con los puntos de relleno y los límites del levantamiento permiten generar de forma correcta y veraz la triangulación del MDT.



*Figura 8.1 Modelo digital del terreno*

### 8.3 CURVADO

Con la triangulación generada en el MDT, se puede interpolar la cota de cualquier punto siempre y cuando éste se encuentre sobre la malla triangular. Desde el mismo software TopoCal una vez formado el modelo correctamente, se genera un primer curvado obtenido por interpolación lineal a partir de la triangulación, se obtienen todos los puntos que forman las curvas como consecuencia de la intersección de planos horizontales con las aristas de los triángulos.

Desde el programa seleccionamos la equidistancia entre curvas de nivel, dado el relieve del yacimiento y su escala se opta por una equidistancia de un metro entre curvas normales y cada cinco metros entre curvas maestras.

Este curvado ayuda a visualizar si el MDT se ajusta al terreno correctamente, ya que pueden existir puntos observados que distorsionen la relación entre el modelo y el terreno. En ese caso se procederá a su eliminación.

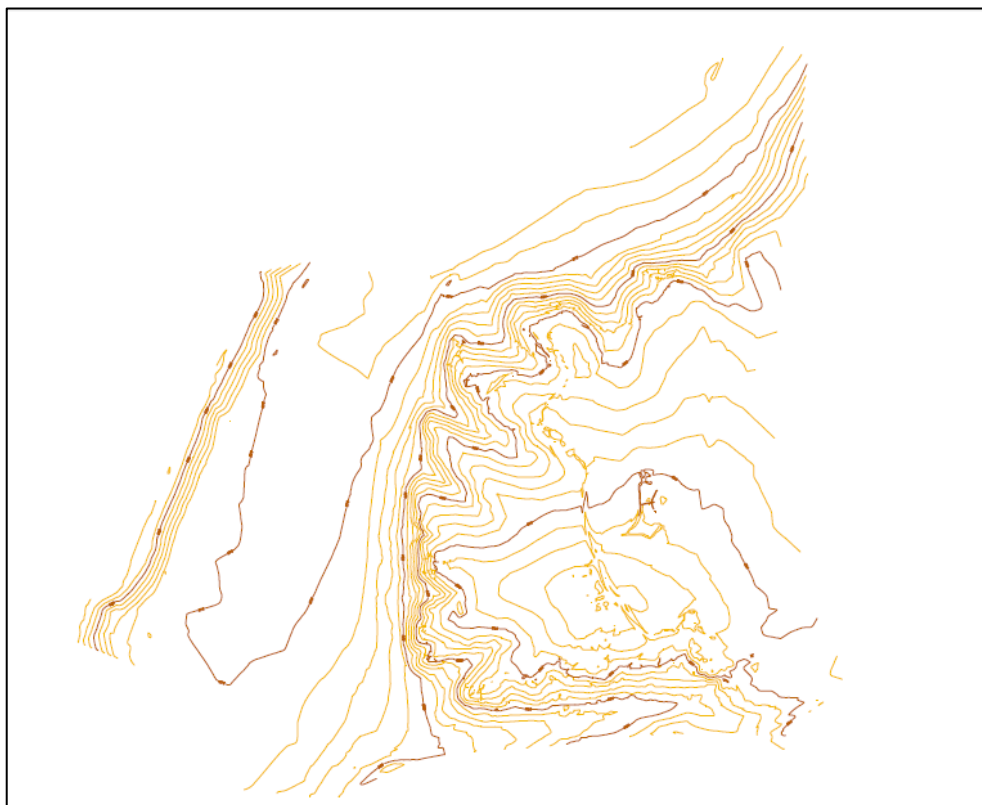


Figura 8.2 Curvas de nivel

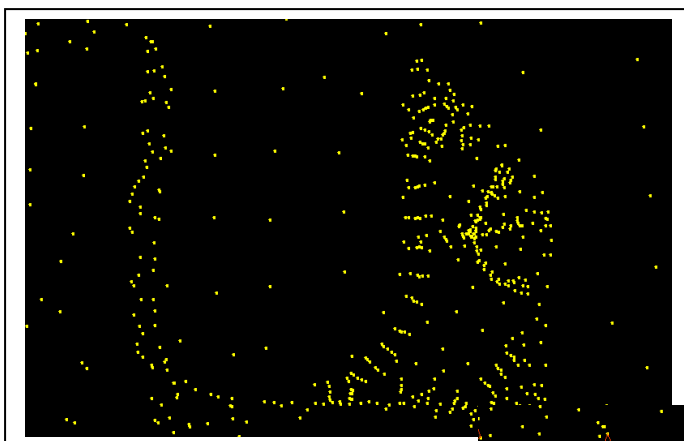


Figura 8.3 Nube de puntos

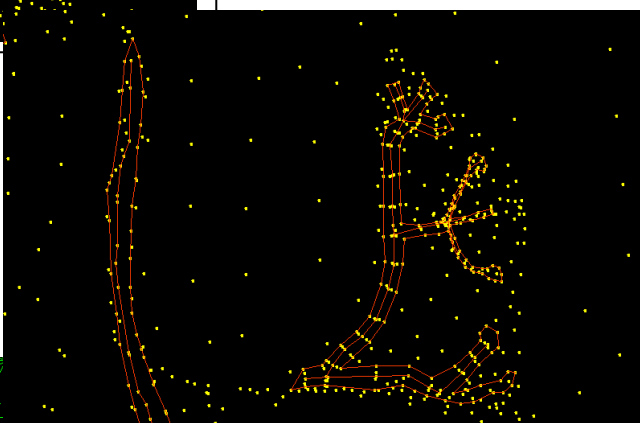


Figura 8.4 Lineas de ruptura

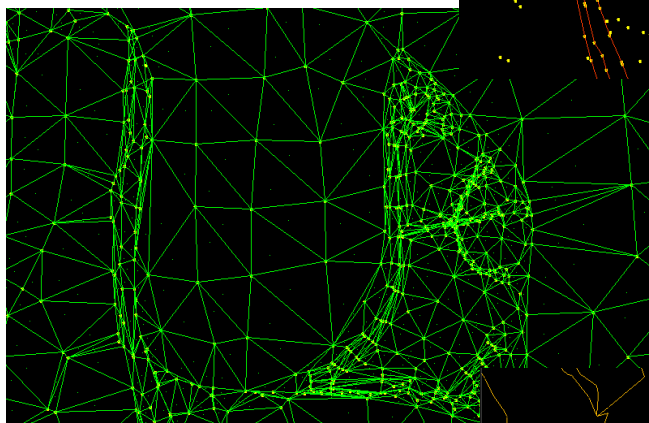


Figura 8.5 MDT

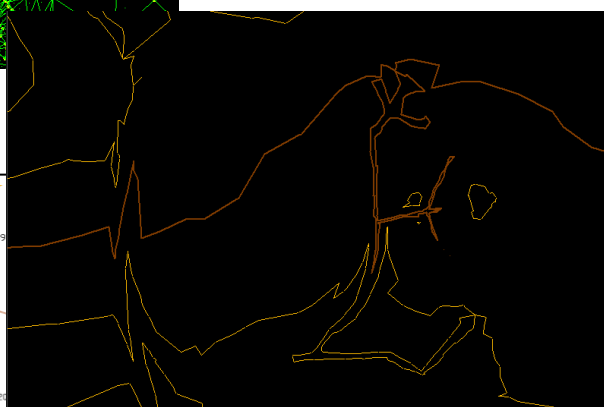


Figura 8.6 Curvado

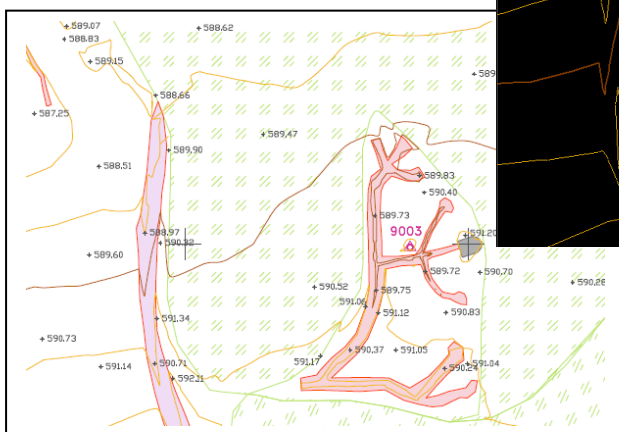


Figura 8.7 Plano

## 8.4 SIMBOLOGÍA

Para terminar de editar la cartografía utilizaremos el programa de diseño asistido por ordenador AutoCAD 2010, importaremos al programa tanto la nube de puntos como el MDT y el curvado.

Asignamos cada uno de los elementos cartográficos a su capa correspondiente y completamos el dibujo de los planos. Estos elementos o entidades pueden ser de carácter puntual, lineal, superficial o volumétrico y les asignaremos una determinada simbología diseñada mediante células y patrones que permitan identificar los elementos de la cartografía y faciliten su interpretación y lectura.

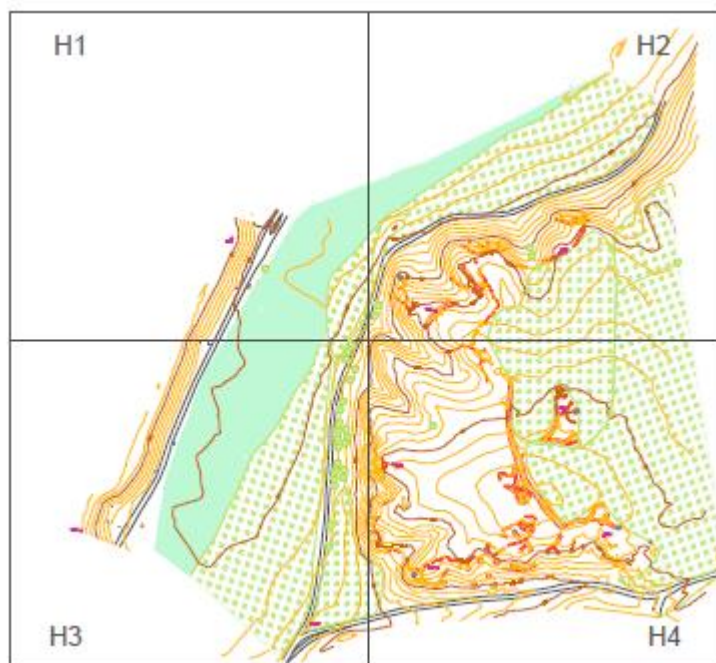
La simbología utilizada en el presente proyecto es la siguiente:

LEYENDA			
	Camino		Finca
	Cañada real		Árbol
	Curva de nivel		Torre alta tensión
	Curva de nivel maestra		Pozo registro
	Abrigo		Punto de cota
	Trinchera		Bases red
	Zanja		Cultivo
	Pozo de tirador		Arroyo/Humedal
	Fortín		Cueva

Figura 8.3 Leyenda

## 8.5 COMPOSICIÓN DE LOS PLANOS

Para poder representar la cartografía de una forma manejable, dada la extensión del levantamiento con 18 hectáreas, la escala 1/500 y los elementos que incluye la cartela de los planos, se divide la cartografía en cuatro hojas de forma regular y sin solapar.



*Figura 8.4 Distribución de las hojas*

Se eligió el formato normalizado UNE-A1 por la maximización del espacio dedicado a la representación cartográfica en la superficie de cada hoja, para tener espacio suficiente para la inclusión de la cartela y para facilitar su consulta y utilización.

Cada hoja de la cartografía tiene un marco exterior de coordenadas con una graduación cada 50 metros, una escala gráfica, leyenda, coordenadas de las bases, gráfico de distribución de las hojas, la localización del yacimiento, título del proyecto, sistema de referencia, proyección, autor, tutores, número de hoja, etc.



**ETS.I en Topografía, Geodesia y Cartografía**  
 Universidad Politécnica de Madrid

**PROYECTO RÍO DE CAMBERA**  
 LOS AGUASEROS A ESCALA 1:500  
 DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE LOS YERBALES  
 (PUNTO 10000)

**LEYENDA**

**COORDINADAS BARCELONA**

Barcelona	X	Y
10000	443600.00	460000.00
10001	443600.00	460000.00
10002	443600.00	460000.00
10003	443600.00	460000.00
10004	443600.00	460000.00
10005	443600.00	460000.00
10006	443600.00	460000.00
10007	443600.00	460000.00
10008	443600.00	460000.00
10009	443600.00	460000.00
10010	443600.00	460000.00
10011	443600.00	460000.00
10012	443600.00	460000.00
10013	443600.00	460000.00
10014	443600.00	460000.00
10015	443600.00	460000.00
10016	443600.00	460000.00
10017	443600.00	460000.00
10018	443600.00	460000.00
10019	443600.00	460000.00
10020	443600.00	460000.00

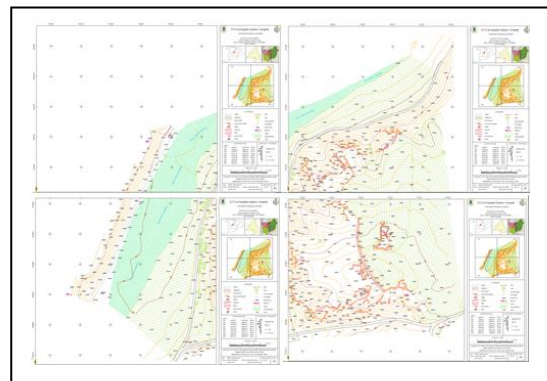
**ESCALA 1:500**

Proyección UTM, Zona 18 Norte, Datum de referencia ETRS89, Elipsoida de referencia GRS80  
 Altitud referida al nivel medio del mar de Alicante  
 Equidistancia de curvas de nivel: 5 metros, curvas especiales: 1 metro

Auto: Carlos García (AutoCAD)  
 Trazado: Mónica Puga (AutoCAD)  
 Datos: Pedro Vázquez

Revisión: 1.0  
 Fecha: 2012  
 Hoja 17

- Tamaño del papel.
- Orientación del dibujo.
- Área de impresión.
- Escala de impresión.
- Atributos de vista y de impresión.
- Desfase de impresión.



84



---

## ***9 PRESUPUESTO***



## 9. PRESUPUESTO

Para la realización del presupuesto, se ha elaborado un esquema con todas las actividades a realizar, especificando en cada caso el equipo humano e instrumental necesario y sus respectivos costes.

### **Actividades a realizar y duración:**

Actividades previas:

- Planificación del proyecto: 2 días
- Recopilación de información previa y documentación: 3 días

Implantación de la red:

- Reconocimiento y planificación de la red: 2 días
- Observación de la red: 2 días
- Cálculo de la red: 1 día

Levantamiento topográfico:

- Planificación: 1 día
- Observación en campo: 6 días
- Volcado de datos y homogenización: 1 día

Realización de la cartografía: 10 días

Realización de la memoria del proyecto:

- Recopilación de documentación previa: 3 días
- Redacción de memorias: 10 días
- Impresión y encuadernación: 1 días

**Recursos e Instrumental:**

## Recursos humanos:

-Ingeniero Técnico en Topografía en campo:	160€/día;
-Ingeniero Técnico en Topografía en gabinete:	130€/día
-Auxiliar de Topografía en : campo	100 €/día

## Instrumental Topográfico:

-Alquiler equipos Leica GPS bifrecuencia:	60€/día
---	---------

Para el equipo informático y se prevé un periodo de amortización 400 días.

Equipo informático:	5200€	13€/día
---------------------	-------	---------

---

-Ordenador e impresora:	1200 €	3€/día
-Windows 7:	290€	0,75€/día
-Microsoft Office 2010:	310€	0,77€/día
-AutoCad:	3000€	7.5€/día
-Leica Geo Office:	400€	1€/día

## Desplazamientos y dietas:

-Alquiler de vehículo y combustible	35€/día
-Comidas:	10€/día

## Materiales:

-Campo:	30€
-Oficina:	30€
-Ploteo:	30€
-Encuadernación:	80€

**Tablas de costes**

Actividad	Actividades previas	Planificación del proyecto	
Duración	2 días		
RRHH	Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 260 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 26 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 20 €
			<b>Coste total 306 €</b>

Actividad	Actividades previas	Documentación	
Duración	3 días		
RRHH	Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 390 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 39 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 30 €
			<b>Coste total 459 €</b>

<b>Total actividades previas</b>	<b>765 €</b>
----------------------------------	--------------

Actividad	Implantación de la red	Planificación y reconocimiento	
Duración	2 días		
RRHH	Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 260 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 26 €
Transporte	Vehículo (1 día)	Coste €/día 35	Coste total 35 €
Material	Campo	Coste 30 €	Coste total 30 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 20 €
			<b>Coste total 371 €</b>

Actividad	Implantación de la red		Observación
Duración	2 días		
RRHH	2 x Ing. Téc, Topo. Campo	Coste €/día 320	Coste total 640 €
Instrumental	3 x Equipo GPS	Coste €/día 180	Coste total 360 €
Transporte	Vehículo	Coste €/día 35	Coste total 70 €
Dietas		Coste €/día 20	Coste total 40 €
			<b>Coste total 1110 €</b>

Actividad	Implantación de la red		Cálculo de la red	
Duración	1 día			
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 130 €	
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 13 €	
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 10 €	
			<b>Coste total 153 €</b>	

<b>Total implantación de la red</b>	<b>1634 €</b>
-------------------------------------	---------------

Actividad	Levantamiento topográfico		Planificación
Duración	1 día		
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 130 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 13 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 10 €
			<b>Coste total 153 €</b>

Actividad	Levantamiento topográfico		Observación
Duración	6 días		
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Campo	Coste €/día 160	Coste total 960 €
RRHH	1 x Auxil. Topo.	Coste €/día 100	Coste total 600 €
Instrumental	3 x Equipo GPS	Coste €/día 180	Coste total 1080 €
Transporte	Vehículo	Coste €/día 35	Coste total 210 €
Dietas		Coste €/día 20	Coste total 120 €
			<b>Coste total 2970 €</b>

Actividad	Levantamiento topográfico		Tratamiento de datos	
Duración	1 día			
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 130 €	
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 13 €	
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 10 €	
			<b>Coste total 153 €</b>	

<b>Total levantamiento topográfico</b>	<b>3276 €</b>
--	---------------

Actividad	<b>Cartografía</b>		
Duración	10 días		
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 1300 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 130 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 100 €
			<b>Coste total 1530 €</b>

<b>Total cartografía</b>	<b>1530 €</b>
--------------------------	---------------

Actividad	Memoria	Documentación	
Duración	3 días		
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 390 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 39 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 30 €
			<b>Coste total 459 €</b>

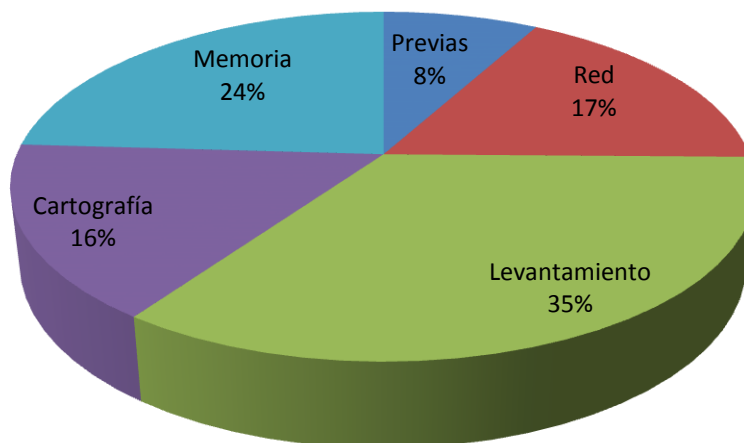
Actividad	Memoria		Redacción
Duración	10 días		
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 1300 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 130 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 100 €
			<b>Coste total 1530 €</b>

Actividad	Memoria	Impresión y encuadernado	
Duración	1 días		
RRHH	1 x Ing. Téc, Topo. Gabinete	Coste €/día 130	Coste total 130 €
Instrumental	Equipo informático	Coste €/día 13	Coste total 13 €
Material	Oficina	Coste 30 €	Coste total 30 €
Material	Ploteo	Coste 30 €	Coste total 30 €
Material	Encuadernación	Coste 80 €	Coste total 80 €
Dietas		Coste €/día 10	Coste total 10 €
			<b>Coste total 293 €</b>

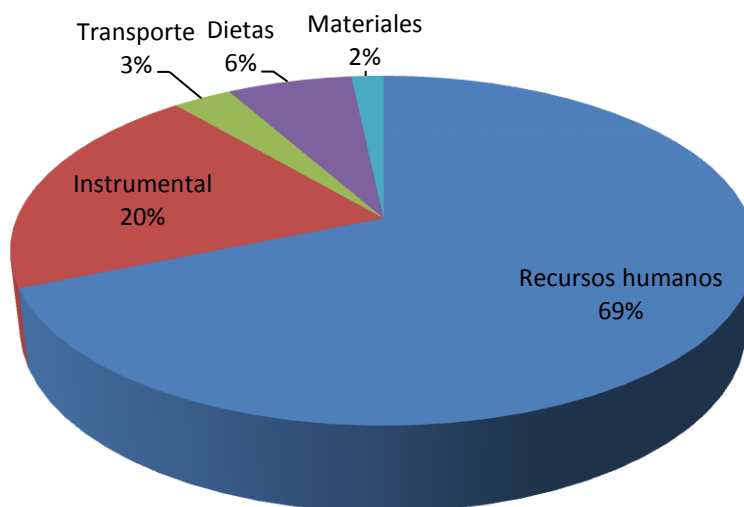
<b>Total memoria</b>	<b>2282 €</b>
----------------------	---------------

Total ejecución material del proyecto		9487 €
Beneficio empresarial	15 %	1423,05 €
		10910,05 €
I.V.A.	21%	2291,11 €
<b>Presupuesto total de ejecución por contrata</b>		<b>13201,11 €</b>

### Coste por actividad



### Coste por recurso





---

## ***10 BIBLIOGRAFÍA***

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Proyectos consultados:

- Sergio Beneyto patón y Alfredo Martínez López, “Levantamiento a escala 1/500 del yacimiento arqueológico de Humanejos”. UPM.
- Óscar González Díaz, “Implantación de una red básica mediante técnicas GPS para dar cobertura al yacimiento arqueológico Clunia Sulpicia. Obtención de cartografía a escala 1/500 y realización de un levantamiento gravimétrico de la misma zona, para intentar localizar posibles galerías subterráneas.” UPM.
- Marcos Marina López, “Diseño e implantación de una red básica y levantamiento, a escala 1:500, de la muralla de Talamanca de Jarama”. UPM
- Concepción Blasco Bosqued y Javier Baena Preysler, “El yacimiento de la Capellana (Pinto, Madrid) ”Nuevos datos sobre las relaciones entre las costas meridionales y la submeseta sur durante la primera edad del hierro”. UAM.
- Miguel Ángel Díaz Moreno y Ángela Crespo Fraguas, “Proyecto de estudio y puesta en valor de los restos de la Guerra Civil española (1936-1937) en el término municipal de Pinto (Madrid)”

Manuales consultados:

- Autodesk. AutoCAD 2010
- TopoCal. Manual rápido.
- Leica. Manual de referencia técnica de GPS System 500.
- Leica. Manual de referencia técnica de GPS System 1200.
- Leica. GPS Basics. Introducción al Sistema GPS.
- Leica. Guía para mediciones estáticas y cinemáticas.
- Leica. LGO 7.0 Manual de ayuda en pantalla.



Páginas web consultadas:

- <http://cota667.com/>
- <http://www.ign.es/>
- <http://www.leica-geosystems.com>
- <http://www.madrid.org>
- <http://www.parqueregionalsureste.org/es/Mapas/mapas.html>
- <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
- <http://www.googlemaps.com>
- <http://www.ayto-pinto.es/>
- <http://www.lalindearqueologia.com/index.php/crea-articulo/9-edicion-numero-1/19-arqueologia-gerra-civil-2>
- <https://es.wikipedia.org>
- <http://www.parquelineal.es/guerracivil/>
- <http://patrimonioarquelologicoguerracivilpinto.blogspot.com.es/>



---

## ***11 CONCLUSIONES***

## 11. CONCLUSIONES

Los objetivos del presente proyecto han sido:

- El establecimiento de una red local enlazada a REGENTE (Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales) que diera cobertura a todo el yacimiento arqueológico de Los Yesares.
- La realización de un levantamiento topográfico a escala 1/500 con una extensión de 18 hectáreas.
- La obtención de una cartografía del yacimiento a escala 1/500 en el sistema de referencia oficial español ETRS89 y proyección UTM.

Una vez terminado el proyecto las conclusiones son:

Este proyecto servirá para el estudio y la difusión del yacimiento arqueológico.

La red local no solo dio soporte al levantamiento si no que servirá a otros proyectos arqueológicos y topográficos actuales y futuros, como la obtención de ortofotografías, el escaneado 3D y excavaciones futuras.

El reconocimiento previo de la zona, una planificación adecuada y el contacto permanente con el equipo de arqueólogos es fundamental a la hora de la implantación de la red local y la observación del levantamiento, ya que al tratarse de un proyecto de arqueología se han de tener en cuenta todas sus necesidades y capturar todos los elementos del yacimiento.

El uso de metodologías por técnicas espaciales GNSS, se comprobó que es un método eficaz, rápido y preciso. Al tratarse de una zona en campo abierto y con poca vegetación no fue necesario el uso de métodos clásicos con estación total.



---

## ***12 ANEXO 1 RESEÑAS***

<b>Nombre:</b> 9001 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 47.44522" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 14.54762" W <b>Altura elipsoidal:</b> 637.868 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 442982.775 m <b>Altitud ortométrica:</b> 586.735 m. <b>Y:</b> 4459033.893 m
---	--

**Fotografía****Plano general****Localización y acceso**

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra en la zona Norte del yacimiento junto a una zanja antitanque y cerca del fortín Noroeste, en lo alto de una cresta del cerro.

**Plano detalle**

<b>Nombre:</b> 9002 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 49.04625" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 10.16445" W <b>Altura elipsoidal:</b> 637.048 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 443086.653 m <b>Altitud ortométrica:</b> 585.916 m. <b>Y:</b> 4459082.474 m
---	--

Fotografía



Plano general



Localización y acceso

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra en la zona Noreste del yacimiento junto a una trinchera y cerca de los terrenos de cultivo.

Plano detalle





<b>Nombre:</b> 9003 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 44.72910" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 09.99145" W <b>Altura elipsoidal:</b> 642.448 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 443089.733 m <b>Altitud ortométrica:</b> 591.315 m. <b>Y:</b> 4458949.334 m
---	--

**Fotografía****Plano general****Localización y acceso**

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra en la zona Este del yacimiento, junto al fortín Este en una pequeña isla de terreno rodeado por cultivos.

**Plano detalle**

<b>Nombre:</b> 9004 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 41.35265" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 08.53086" W <b>Altura elipsoidal:</b> 644.058 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 443123.438 m <b>Altitud ortométrica:</b> 592.924 m. <b>Y:</b> 4458844.970 m
---	--

**Fotografía**

**Plano general**

**Localización y acceso**

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra en la zona Sureste del yacimiento, junto al fortín Sureste sobre un pequeño montículo.

**Plano detalle**




<b>Nombre:</b> 9005 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 40.45294" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 14.71242" W <b>Altura elipsoidal:</b> 640.847 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 442977.252 m <b>Altitud ortométrica:</b> 589.712 m. <b>Y:</b> 4458818.333 m
---	--

**Fotografía**

**Plano general**

**Localización y acceso**

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra al Sur del yacimiento, junto al fortín Suroeste en la cima de la ladera.

**Plano detalle**


<b>Nombre:</b> 9006 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 43.26151" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 16.03580" W <b>Altura elipsoidal:</b> 642.069 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 442946.656 m <b>Altitud ortométrica:</b> 590.935 m. <b>Y:</b> 4458905.165 m
---	--

**Fotografía**

**Plano general**

**Localización y acceso**

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra en el centro del yacimiento, cerca de la Cañada Real sobre una de las crestas del cerro, junto a un entramado de trincheras.

**Plano detalle**


<b>Nombre:</b> 9007 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Pilar de granito <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 38.90149" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 18.90158" W <b>Altura elipsoidal:</b> 630.108 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 442877.963 m <b>Altitud ortométrica:</b> 578.972 m. <b>Y:</b> 4458771.248 m
--	--

Fotografía



Plano general



Localización y acceso

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra en la bifurcación de la cañada y un camino, sobre un pilar de hormigón al Sur del yacimiento-

Plano detalle





<b>Nombre:</b> 9008 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 41.38751" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 27.10062" W <b>Altura elipsoidal:</b> 634.198 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 442684.925 m <b>Altitud ortométrica:</b> 583.062 m. <b>Y:</b> 4458849.368 m
---	--

**Fotografía**

**Plano general**

**Localización y acceso**

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra al otro lado del arroyo Culebro, el cual se cruza a un kilómetro al Norte, está situado junto a una torre de alta tensión sobre un terraplén al Suroeste del yacimiento.

**Plano detalle**


<b>Nombre:</b> 9009 <b>Municipio:</b> Pinto <b>Provincia:</b> Madrid <b>Fecha señalización:</b> 3/3/14 <b>Clase señal:</b> Clavo en estaca <b>Cota:</b> Parte superior del clavo <b>Hoja MTN50:</b> 582	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89</b> <b>Longitud:</b> 40° 16' 49.36928" N <b>Latitud:</b> 3° 40' 21.82178" W <b>Altura elipsoidal:</b> 631.891 m. <b>COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30</b> <b>X:</b> 442811.452 m <b>Altitud ortométrica:</b> 580.757 m. <b>Y:</b> 4459094.518 m
---	--

Fotografía



Plano general



Localización y acceso

Tomando las salidas 17 o 18 de la Autovía A-4, atravesando el polígono industrial Las Arenas, cruzamos el arroyo del Prado y damos con la Cañada Real Galiana que en dirección Norte nos llevará al yacimiento en unos 2 km. El vértice se encuentra al otro lado del arroyo Culebro, el cual se cruza a un kilómetro al Norte, está situado junto a una finca privada sobre un terraplén al Noroeste del yacimiento.

Plano detalle





**Área de Geodesia**  
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

## Reseña Vértice Geodésico

8-feb-2014

Número.....: **58234**  
Nombre.....: **Cantueña**  
Municipios: Parla  
Provincias: Madrid  
Fecha de Construcción.....: 18 de junio de 1978  
Pilar con centrado forzado.: 1,18 m de alto, 0,30 m de diámetro.  
Último cuerpo.....: 1,00 m de alto, 1,00 m de ancho.  
Total cuerpos.....: 1 de 1,00 m de alto.

### Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 3° 44' 56,4999"	- 3° 45' 01,21681"
Latitud.....:	40° 14' 53,9741"	40° 14' 49,70109"
Alt. Elipsoidal....:		736,690 m (CF)
Compensación....:	01 de mayo de 1985	28 de noviembre de 2004

### Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	436292,24 m	436182,592 m
Y.....:	4455665,33 m	4455457,828 m
Factor escala.....:	0,999649957	0,999650133
Convergencia.....:	- 0° 29' 02"	- 0° 29' 05"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 684,293 m. (BP)

### Situación:

Situado en la parte más alta del cerro amesetado de Cantueña, en su extremo S., en terreno de cereal.

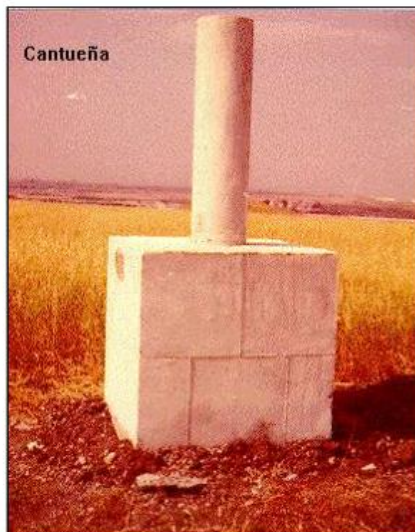
### Acceso:

Desde Parla, se toma la salida Norte a la Autovía A-42 (dirección Madrid). Antes de llegar a la Autovía, en la rotonda del cruce con la Carretera Autonómica M-408 tomamos esta dirección a Pinto. A unos 300 m. llegamos a una glorieta de donde parte el camino dirección Norte. Tomando este punto como origen de distancias, a los 300 m. y tras cruzar por encima el ferrocarril de la línea C-4 de Cercanías, giramos a la derecha para tomar el camino de servicio de este ferrocarril. A los 400 m. tomamos a la izquierda un camino perpendicular que asciende al cerro de Cantueña. A los 700 m., y ya en la parte alta, en un cruce de caminos giramos a la derecha por el camino que bordea el cerro por el Sur. A los 1400 m. dejamos este camino y atravesando el campo de cultivo unos 100 m. llegamos a la señal.

### Horizonta GPS:

Despejado

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.



### Observaciones:

REGENTE.  
Vértice observado con GPS.

Informe del estado del Vértice: <http://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/infoRG.pdf>





Área de Geodesia  
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

## Cartografía de situación

8-feb-2014

Escala 1:25.000

058234 Cantueña

Coordenadas ETRS89. Huso 30







---

## ***12 ANEXO 2 AJUSTE DE LA RED***

**Red Ajuste**[www.MOVE3.com](http://www.MOVE3.com)

(c) 1993-2007 Grontmij

con licencia para Leica Geosystems AG

Creado: 02/06/2015 16:04:34

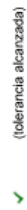
**Información del proyecto**

Nombre del proyecto: yeseras  
Fecha de creación: 02/06/2015 14:01:26  
Huso horario: 1h 00'  
Sistema de coordenadas: ETRS89\_Angula  
Programa de aplicación: LEICA Geo Office 6.0  
Kernel de procesamiento: MOVE3 3.4

**Información general****Ajuste**

Tipo: 3D  
Dimensión: 3D  
Sistema de coordenadas: WGS 1984  
Tipo de altura: Elipsoidal

Número de iteraciones: 1  
Corrección máxima de coordenadas en la última iteración: 0,0000 m



(tolerancia alcanzada)

**Estaciones**

Número de estaciones (parcialmente) conocidas: 4  
Número de estaciones desconocidas: 9  
Total: 13

**Observaciones**

Diferencias de coordenadas GPS: 51 (17 líneas base)  
Coordenadas conocidas: 3  
Total: 54

**Incógnitas**

Coordenadas: 30  
Total: 30

Grados de libertad: 24

**Pruebas**

Alfa (multi dimensional): 0.4500  
Alfa 0 (una dimensión): 5.0 %  
Beta: 80.0 %  
Sigma a-priori (GPS): 30.0

file:///C:/Users/topografia/AppData/Local/Temp/~Rpt1.html

06/02/2015

Valor crítico de Prueba W: 1.96  
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones): 2.42  
Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones): 1.86  
Valor crítico de prueba F: 1.01  
Prueba F: 0.62

(aceptado)

Resultados basados en el factor de varianza a posteriori

Resultados del ajuste

Coordenadas		Coordenada		Corr		Prec (95%)	
Estación	Latitud	Longitud	Altura	Latitud	Longitud	Altura	Latitud
9001	40° 16' 47.44545" N	3° 40' 14.54619" W	637.8358 m	-0.0008 m	-0.0072 m	0.0072 m	0.0072 m
9002	40° 16' 49.04647" N	3° 40' 10.16301" W	637.0158 m	-0.0028 m	-0.0096 m	0.0096 m	0.0146 m
9003	40° 16' 44.72932" N	3° 40' 09.99001" W	642.4157 m	-0.0012 m	-0.0087 m	0.0087 m	0.0066 m
9004	40° 16' 41.35287" N	3° 40' 08.52943" W	644.0260 m	-0.0030 m	-0.0173 m	0.0173 m	0.0094 m
9005	40° 16' 40.45317" N	3° 40' 14.71099" W	640.8144 m	0.0043 m	0.0069 m	0.0069 m	0.0094 m
9006	40° 16' 43.26174" N	3° 40' 16.03436" W	642.0368 m	-0.0016 m	-0.0099 m	0.0099 m	0.0179 m
9007	40° 16' 38.90172" N	3° 40' 18.90016" W	630.0753 m	0.0242 m	0.0030 m	0.0030 m	0.0072 m
9008	40° 16' 41.38774" N	3° 40' 27.09919" W	634.1657 m	0.0009 m	0.0072 m	0.0072 m	0.0184 m
9009	40° 16' 49.36950" N	3° 40' 21.82035" W	631.8661 m	-0.0098 m	-0.0138 m	0.0138 m	0.0101 m
cantue	40° 14' 49.70109" N	3° 45' 01.21581" W	736.6900 m	-0.0676 m	-0.0154 m	0.0154 m	0.0264 m
				-0.0144 m	-0.0112 m	0.0112 m	0.0305 m
				-0.0065 m	-0.0099 m	0.0099 m	0.0074 m
				-0.0952 m	-0.0079 m	0.0079 m	0.0187 m
				0.0007 m	-0.0119 m	0.0119 m	0.0163 m
				0.0186 m	-0.0161 m	0.0161 m	0.0331 m
				-0.0119 m	-0.0006 m	0.0006 m	0.0098 m
				-0.0006 m	0.0056 m	0.0056 m	0.0074 m
				0.0124 m	0.0124 m	0.0124 m	0.0189 m
				0.0000 m	0.0000 m	0.0000 m	-
				0.0000 m	0.0000 m	0.0000 m	-
				0.0000 m	0.0000 m	0.0000 m	-

Observaciones y residuales		Pto visado		Obs. ajus.		Resid		Resid (ENA)		Desv. Est.	
Estación											
DX	cantue	9009	-2033.2577 m	-0.0204 m	0.0013 m	0.0013 m	0.0088 m	0.0013 m	0.0088 m	0.0088 m	0.0088 m
DY			6748.3142 m	0.0026 m	0.0101 m	0.0101 m	0.0038 m	0.0101 m	0.0038 m	0.0038 m	0.0038 m
DZ			2749.1406 m	-0.0041 m	-0.0184 m	-0.0184 m	0.0084 m	-0.0184 m	0.0084 m	0.0084 m	0.0084 m
DX	cantue	9004	-1844.3366 m	0.0046 m	-0.0074 m	-0.0074 m	0.0081 m	-0.0074 m	0.0081 m	0.0081 m	0.0081 m
DY			7050.8502 m	-0.0077 m	0.0088 m	0.0088 m	0.0038 m	0.0088 m	0.0038 m	0.0038 m	0.0038 m

file:///C:/Users/topografia/AppData/Local/Temp/~Rpt1.html

DZ	9007	2568.3469 m	0.0120 m	0.0118 m	0.0068 m
DY	9009	-211.3941 m	0.0157 m	-0.0006 m	0.0080 m
DZ	9008	-55.5671 m	-0.0016 m	-0.0090 m	0.0032 m
DX	9006	247.4889 m	0.0016 m	0.0131 m	0.0056 m
DY	9006	14.5933 m	0.0005 m	-0.0003 m	0.0078 m
DZ	9006	-262.8927 m	-0.0003 m	0.0003 m	0.0033 m
DX	9006	-48.1912 m	0.0008 m	0.0010 m	0.0074 m
DY	9005	56.9675 m	-0.0002 m	0.0001 m	0.0062 m
DZ	9008	27.6758 m	0.0001 m	-0.0001 m	0.0026 m
DX	9005	-66.8871 m	-0.0003 m	-0.0004 m	0.0057 m
DY	9005	-42.4093 m	-0.0006 m	0.0003 m	0.0080 m
DZ	9003	-290.5685 m	0.0003 m	-0.0003 m	0.0033 m
DX	9006	17.6959 m	-0.0010 m	-0.0011 m	0.0076 m
DY	9003	19.7783 m	0.1026 m	-0.0029 m	0.0138 m
DZ	9003	-144.3667 m	-0.0085 m	0.0238 m	0.0061 m
DX	9004	-34.7829 m	0.1185 m	0.1552 m	0.0118 m
DY	9003	70.6332 m	0.0017 m	0.0011 m	0.0046 m
DZ	9003	30.0494 m	0.0010 m	-0.0019 m	0.0026 m
DX	9002	-78.4199 m	-0.0011 m	0.0006 m	0.0042 m
DY	9002	-90.2954 m	-0.0093 m	0.0000 m	0.0064 m
DZ	9005	1.8951 m	0.0006 m	0.0063 m	0.0028 m
DX	9001	98.1066 m	0.0004 m	-0.0068 m	0.0051 m
DY	9002	141.1809 m	-0.0001 m	0.0000 m	0.0087 m
DZ	9001	-12.9590 m	0.0000 m	0.0000 m	0.0043 m
DX	9001	-162.6293 m	-0.0001 m	-0.0001 m	0.0083 m
DY	9001	-25.8603 m	0.0080 m	0.0010 m	0.0025 m
DZ	cantue	105.4271 m	0.0006 m	-0.0038 m	0.0056 m
DX	9001	37.1473 m	0.0001 m	0.0046 m	0.0047 m
DY	9001	-1979.4071 m	0.0193 m	-0.0029 m	0.0065 m
DZ	9001	6917.0689 m	-0.0042 m	0.0029 m	0.0029 m
DX	9001	2707.7262 m	0.0211 m	0.0286 m	0.0051 m
DY	9001	-1979.4071 m	0.0018 m	-0.0010 m	0.0065 m
DZ	9007	6917.0689 m	-0.0011 m	-0.0101 m	0.0029 m
DX	9007	2707.7262 m	-0.0116 m	-0.0061 m	0.0051 m
DY	9004	22.4752 m	0.0011 m	-0.0030 m	0.0057 m
DZ	9004	-246.9689 m	-0.0031 m	0.0016 m	0.0031 m
DX	9007	-66.7050 m	0.0031 m	0.0030 m	0.0051 m
DY	9007	22.4752 m	0.0056 m	0.0004 m	0.0057 m
DZ	9003	-246.9689 m	0.0001 m	-0.0038 m	0.0031 m
DX	9007	-66.7050 m	-0.0003 m	0.0041 m	0.0051 m
DY	9003	93.1084 m	0.0046 m	-0.0011 m	0.0056 m
DZ	9003	-216.9196 m	-0.0014 m	-0.0017 m	0.0031 m
DX	9007	-145.1249 m	0.0018 m	0.0047 m	0.0050 m
DY	9007	93.1084 m	0.0052 m	0.0011 m	0.0056 m
DZ	9003	-216.9196 m	0.0007 m	-0.0039 m	0.0031 m
DX	9007	-145.1249 m	-0.0008 m	0.0034 m	0.0050 m

Residuales del vector de línea base GPS		Pto visado	Vector ajus. [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	Estación	9009	7565.1607	0.0210	2.8
DV	cantue	9004	7727.3851	0.0151	2.0
DV	cantue	9007	330.1982	0.0159	48.0
DV	9006	9008	267.8513	0.0010	3.8

file:///C:/Users/topografia/AppData/Local/Temp/~Rpt/1.html

06/02/2015

Estación	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Desv. Est. Alt [m]
DV 9006	0.0090	0.0089	1.3	9°	0.0146
DV 9005	0.0109	0.0082	1.3	4°	0.0173
DV 9003	0.0117	0.0086	1.4	5°	0.0179
DV 9004	0.0120	0.0090	1.3	2°	0.0184
DV 9005	0.0173	0.0125	1.4	5°	0.0264
DV 9006	0.0192	0.0139	1.4	5°	0.0305
DV 9007	0.0124	0.0093	1.3	4°	0.0187
DV 9008	0.0204	0.0148	1.4	5°	0.0331
DV 9009	0.0123	0.0091	1.3	9°	0.0189
Estación	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000

Elipses de error absoluto (2D - 95% 1D - 95%)

## Pruebas y errores estimados

Pruebas de coordenadas		Latitud	Longitud	Altura	MDB	BNR	Prueba W	Prueba T
Estación					96.9999 m	999.9	0.00	0.00
Estación					96.9999 m	999.9	0.00	0.00
Estación					96.9999 m	999.9	0.00	0.00
Pruebas de observación		Pto visado			MDB	BNR	Prueba W	Prueba T
DX	Estación	9009			0.0420 m	3.8	-3.01	3.43
	Estación	9009			0.0219 m	3.6	0.48	
	Estación	9004			0.0321 m	4.3	1.14	
	Estación	9004			0.0378 m	2.3	-0.65	0.87
DY	Estación	9009			0.0212 m	2.3	-1.22	
	Estación	9009			0.0340 m	2.0	0.82	
	Estación	9009			0.0420 m	4.1	3.01	3.43
	Estación	9009			0.0219 m	5.6	-0.48	
DZ	Estación	9008			0.0321 m	5.0	-1.14	0.01
	Estación	9008			0.0318 m	3.7	-0.03	
	Estación	9005			0.0175 m	3.7	-0.08	
	Estación	9005			0.0310 m	3.6	0.11	0.01
DX	Estación	9006			0.0318 m	5.9	0.04	
	Estación	9006			0.0318 m	18		

file:///C:/Users/topografia/AppData/Local/Temp/~Rpt/1.html

06/02/2015



DX	cantue	9009	-3.01	1.5	-0.0452 m
DZ	cantue	9001	-2.89	1.5	-0.0245 m
Errores estimados para observaciones con altura de antena rechazadas por las pruebas W (máx. 10)					
Estación	Pto visado	Prueba W	Fact	MDB (m)	Err est ant (m)
cantue	9001	2.81	1.4	0.0438	0.0439
Errores estimados para observaciones rechazadas por las pruebas T (máx. 10)					
Estación	Pto visado	Prueba T	Fact	Err est	
9001	9002	3.54	1.4	0.0417 m	
DY				0.0009 m	
DZ	9002	3.54	1.4	-0.0009 m	
DX				-0.0417 m	
DY				-0.0009 m	
DZ	9009	3.43	1.3	0.0009 m	
DX				0.0533 m	
DY				-0.0075 m	
DZ	9009	3.43	1.3	0.0089 m	
DX				-0.0533 m	
DY				0.0075 m	
DZ	9001	2.80	1.2	-0.0089 m	
DX				-0.0010 m	
DY				0.0010 m	
DZ	9001	2.70	1.2	-0.0249 m	
DX				0.0318 m	
DY				-0.0036 m	
DZ				0.0310 m	



## Cierres

[www.MOVE3.com](http://www.MOVE3.com)

(c) 1993-2007 Grontmij

con licenza para Leica Geosystems AG

Creado: 02/06/2015 16:07:25

### Información del proyecto

Nombre del proyecto:

Fecha de creación:

Huso horario:

Sistema de coordenadas:

**Programa de aplicación:**

Kernel de procesamiento:

El valor crítico de la prueba  $W$  es:

Dimensión:

### Cierres de líneas base GPS

Cierre 1

Desde	A	dX[m]	dY[m]	dZ[m]
9003	9004	70.6349	30.0504	-78.4210
9004	9007	22.4763	-246.8720	-66.7018
9004	9007	22.4808	-246.9689	-66.7052
		22.4786	-246.9704	-66.7035
9007	9003	-93.1130	216.9210	145.1232
9007	9003	-93.1136	216.9188	145.1257
		-93.1133	216.9199	145.1244
		Prueba W:	0.01	
X:	0.0002 m		-0.02	
S:	-0.0002 m		-0.01	
Z:	-0.0001 m			
	X local:	-0.0001 m	-0.02	
	Y local:	-0.0002 m	-0.01	
	Altura:	0.0001 m	0.01	
	Error de cierre:	0.0003 m	Razón:(1:2329343)	
	Longitud:	643.6442 m		

Cierre 2

Desde	A	dX[m]	dY[m]	dZ[m]
9003	9002	-80.3047	1.6957	98.1070
9002	9001	25.8544	-105.4277	-37.1474
9001	9005	141.1809	-12.8590	-162.6294
9005	9006	-56.9673	-27.6759	66.8874
				66.8874

file:///C:/Users/topografia/AppData/Local/Temp/~Rpt/2.html

06/02/2015



9006	9003	-19.8809	144.3762	34.6644
X:	-0.1177 m			
S:	0.0093 m	Prueba W:	-5.27	▲
Z:	-0.1179 m		0.95	
			-6.31	▲
X local:	0.0018 m	Prueba W:	0.18	
Y local:	-0.0136 m		-0.67	
Altura:	-0.1663 m		-7.97	▲
Error de cierre:	0.1668 m			
Longitud:	705.7537 m			
			Razón:(1:4230)	

### Cierre 3

Desde	A	dX[m]	dY[m]	dZ[m]
cantue	9009	-2033.2781	6748.3168	2749.1367
9009	9007	211.3784	55.5686	-247.5005
9004	9007	-22.4763	246.9720	66.7018
9007	9004	-22.4808	246.9689	66.7052
		-22.4786	246.9704	66.7035
9004	cantue	1844.3340	-7050.8425	-2568.3589
X:	-0.0443 m		-1.61	
S:	0.0134 m	Prueba W:	1.05	
Z:	-0.0192 m		-0.84	
X local:	0.0106 m	Prueba W:	0.82	
Y local:	0.0145 m		0.58	
Altura:	-0.0468 m		-1.82	
Error de cierre:	0.0501 m			
Longitud:	15879.5430 m			Razón:{1.316921}

#### Cierre 4

Desde	A	dX[m]	dY[m]	dZ[m]
cantue	9004	-184.3340	7050.9425	2566.3589
9004	9003	-70.6349	-30.0504	78.4210
9003	9002	-80.3047	1.6957	98.1070
9002	9001	25.8544	-105.4277	-37.1474
9001	cantue	1979.3878	-8917.0647	-2707.7473
9001	cantue	1979.4053	-8917.0678	-2707.7146
9001	cantue	1979.3965	-8917.0662	-2707.7310
Promedio				
X:	-0.0227 m			
S:	-0.0061 m			
Z:	0.0086 m			
Prueba W:				
			-0.94	
			-0.53	
			0.40	
X local:	-0.0076 m			
Y local:	0.0210 m			
Altura:	-0.0114 m			
			-0.65	
			0.93	
			-0.49	
Error de cierre:	0.0250 m			
Longitud:	15772.5993 m			
			Razón{(1.629952)	

## Cierre 5

Desde	A	dX[m]	dY[m]	dZ[m]
-------	---	-------	-------	-------



9005	66.8574	-27.6759	-56.9573	9005	0.0014 m
9006	-49.1904	-262.8930	14.5568	9006	-0.0008 m
9008	-17.6949	290.5682	42.4099	9008	0.0021 m
X:		0.07	Prueba Wt:	S:	
S:		-0.09		Z:	
Z:		0.11		X local:	
X local:		-0.08	Prueba Wt:	Y local:	
Y local:		0.04		Altura:	
Altura:		0.12		Error de cierre:	
Error de cierre:		Raón:(1.248575)	(4.0 ppm)	Longitud:	
Longitud:					654.1459 m



## ***ANEXO 3 PLANOS***

---